



Departamento de
Agricultura de
los EE.UU.

Servicio
Forestal

Manual de
Agricultura
710-S

Diciembre 2000

Producción Forestal para América Tropical

Frank H. Wadsworth





Departamento de
Agricultura de
los EE.UU.

Servicio
Forestal

Manual de
Agricultura
710-S

Diciembre 2000

Producción Forestal para América Tropical

Frank H. Wadsworth

IUFRO-SPDC Textbook Project No. 3



El Departamento de Agricultura de los EE.UU. (USDA, siglas en inglés) prohíbe la discriminación en todos sus programas y actividades a base de raza, color, origen nacional, género, religión, edad, impedimentos, credo político, orientación sexual, estado civil o familiar. (No todas las bases de prohibición aplican a todos los programas.) Personas con impedimentos que requieran medios alternativos de comunicación para obtener información acerca de los programas (Braille, tipografía agrandada, cintas de audio, etc.) deben ponerse en contacto con el Centro TARGET de USDA, llamando al (202) 720-2600 (voz y TDD).

Para presentar una queja sobre discriminación, escriba a USDA, Director, Office of Civil Rights, Room 326-W, Whitten Building, 14th and Independence Avenue, SW, Washington, DC 20250-9410, o llame al (202) 720-5964 (voz y TDD). USDA es un proveedor y empleador que ofrece oportunidad igual a todos.

Durante la segunda mitad del siglo XX, la necesidad de conservar los bosques de las regiones tropicales se volvió cada vez más evidente. En los neotrópicos — la región tropical del hemisferio occidental — ha habido, y hasta hoy en día hay, extensos recursos forestales, pero cada vez están en mayor peligro por el abuso, la deforestación irracional y el mal manejo.

Desde 1942 hasta el presente, el Doctor Frank Wadsworth se ha preocupado por encontrar métodos racionales que permitan manejar los recursos forestales del neotrópico de forma sostenible; ha estudiado las técnicas de manejo desarrolladas tanto en los bosques paleotropicales del hemisferio oriental, como en los neotrópicos; ha experimentado con técnicas propias y ajenas. Por seis décadas, el Dr. Wadsworth ha investigado, practicado y enseñado varios métodos, según las necesidades del sitio y del ecosistema.

Lo que el Dr. Wadsworth ha aprendido se plasma en este libro. Esta versión en español es traducción fiel del título en inglés “Forest Production for Tropical America”*. La obra consta de diez capítulos que cubren los temas

necesarios para la práctica forestal en los neotrópicos. Además, con trece anexos, cuatro índices, y más de 3300 referencias, se espera que este libro sirva de texto en cualquier universidad de habla hispana. La esperanza es que el trabajo del Dr. Wadsworth pueda contribuir al manejo sostenible de los valiosos recursos forestales de los países americanos.

La traducción y publicación de esta versión en español ha sido una obra conjunta del USDA Forest Service, CATIE (Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza), e IUFRO (Unión Internacional de Organizaciones de Investigación Forestal). Se les debe un especial agradecimiento al Dr. José Joaquín Campos y a la Lic. Lorena Orozco, ambos del CATIE, por su trabajo de revisión de la traducción al español.

Esta versión en español se ha producido bajo el rubro del “IUFRO-SPDC Textbook Project No. 3”, que es el tercer esfuerzo de traducción de libros de texto del Programa Especial para Países en Desarrollo de la IUFRO (SPDC).

J. L. Whitmore
Vicepresidente, IUFRO
Servicio Forestal, EE.UU.

* Forest Production for Tropical America
Frank H. Wadsworth. 1997.
U.S. Dept. of Agriculture, Forest Service.
Agriculture Handbook #710
Washington, DC. 563p.

Presentacion Inicial xvii

Presentacion xix

Reconocimientos xxi

Introduccion xxiii

**Capítulo 1. La América Tropical,
una Región Forestal** 1

El clima	1
La radiación solar	1
La temperatura	3
El viento	4
Humedad	4
Características climáticas regionales	7
Fisiografía	8
Los suelos	10
Formación	10
El material parental	15
El drenaje	17
La materia orgánica del suelo	18
La meteorización	19
Clasificaciones del suelo	21
<i>Oxisoles</i>	21
<i>Suelos de montaña</i>	21
<i>Inceptisoles</i>	21
<i>Ultisoles</i>	21
<i>Alfisolos</i>	21
<i>Entisoles</i>	22
<i>Aridisoles</i>	22
<i>Mollisoles</i>	22
<i>Fertilidad de los suelos neotropicales</i>	22
Los Bosques	22
Génesis de la vegetación	23
Extensión y ubicación de los bosques	24
Influencia de los bosques sobre el ambiente	26

**Capítulo 2. El Ambiente Propicio
para la Producción Forestal** 33

Valores forestales	33
Los bosques y el ambiente humano	33
Los bosques y el agua	35
Bosques y suelos	36
Bosques y agricultura	37
Los bosques como fuentes de productos	39
Consecuencias del uso excesivo	42

Terrenos forestales y no forestales	44
Bosque versus agricultura	44
Capacidad de uso de la tierra	48
Control del uso de los suelos	51
Terrenos forestales: la repartición del uso	52
Culturas que dependen de los bosques	53
Estudio científico	54
Preservación de la biodiversidad	54
Conservación de suelo y agua	54
Ilustración al público	55
Recreación pública	55
Producción de bienes	55
Integración de usos del bosque	57
Políticas de producción	57
Protección forestal	59
Selección de productos	60
Metas de producción	64
Silvicultura	66
Ejemplos de diversidad forestal	67

**Capítulo 3. Los Bosques Primarios y su
Productividad** 69

Estructura del bosque	70
Densidad del bosque	71
<i>Cantidad y tamaño de los árboles</i>	71
<i>Área basal</i>	73
<i>Volumen del fuste</i>	73
<i>Biomasa</i>	74
Estratificación	75
Forma de los árboles	76
<i>Sistema radicular</i>	76
<i>Troncos</i>	76
<i>Ramas</i>	77
<i>Copas</i>	78
<i>Follaje</i>	78
Composición del bosque	79
Diversidad	79
Heterogeneidad	83
Ciclo de nutrimentos	85
Crecimiento de los árboles	89
Reproducción	96
Influencias ambientales	101
Humedad	101
Temperatura	103
Luz	104
Suelos	104
Topografía	105

Contenido

Predicción del crecimiento	106
Otros efectos	106
Rendimientos	107
Productividad primaria	107
Madera útil	107
Variaciones	109

Capítulo 4. Los Bosques Secundarios y su Manejo 113

La naturaleza de los bosques	113
Bosques residuales	114
Bosques de barbecho	117
Recuperación mediante la sucesión	117
El ambiente requerido para la producción	121
Percepciones generales	121
Complejidad del rodal	125
Silvicultura	127
Objetivos estructurales	128
Selección policíclica	132
Diámetros límite	134
Dosel protector	134
Tala rasa	138
Tratamientos precosecha	139
Eliminación de relictos	140
Regeneración natural	141
Tratamientos de refinamiento	144
Idoneidad del cultivo	148
Identificación de la cosecha maderera	150
<i>Evaluación de la regeneración</i>	156
<i>Mejoramiento de la composición</i>	158
Liberación	159
<i>Raleos</i>	164
<i>Arboricidas</i>	165
Rendimientos	166
Bosques pantanosos de agua dulce	167
Manglares	168
Bosques secos	170
Conclusión	172

Capítulo 5. Plantaciones Forestales: Políticas y Avances 173

Argumentos a favor de las plantaciones	173
Ventajas productivas de las plantaciones	174
Consideraciones relativas a la tierra	176
Abastecimiento de madera	178
Consideraciones de sitio	180
Planificación de la plantación	183

Plantación intercalada	184
<i>Plantación en claros</i>	184
<i>Plantación bajo dosel</i>	185
<i>Plantación en grupos</i>	188
Forestación	188
Composición de la plantación	189
Evaluación de las especies arbóreas	189
Plantaciones puras y mixtas	190
Rendimientos	192
Especies nativas versus exóticas	194
Selección de especies	197
Características por considerar	198
Análisis del sitio antes de plantar	201
<i>Variación en una misma especie</i>	204
<i>Mejoramiento de los árboles</i>	206
Progresos de las plantaciones	209

Capítulo 6. Propagación y Plantación de Árboles 213

Planeamiento de una plantación	213
El proceso de planificación de los recursos	213
Establecimiento de plantaciones forestales	216
Material de plantación	217
Material silvestre	217
Adquisición de semillas	217
Tratamiento de las semillas	219
Almacenaje de las semillas	219
Factores de germinación de semillas	220
Siembra directa	222
Viveros forestales	223
Propagación vegetativa	224
Esquejes de tallo y raíz	225
Acodado aéreo	226
Injertos y producción de yemas	226
Otras prácticas para la propagación de árboles	227
El suelo de propagación	227
Prácticas generales de vivero	229
Espaciamiento	229
Trasplante	229
Sombra	229
Poda de raíces	229
Tipos de material para trasplante	230
Plantones a raíz desnuda	230
Tamaño del material de plantado	230
Pseudoestacas y plantones deshojados	231
Material en envases	232
Insectos y enfermedades	233

Técnicas de plantación	234
Época de plantado	235
Preparación de sitio	235
<i>Preparación mecanizada del sitio</i>	236
<i>Uso de herbicidas</i>	237
Consideraciones especiales para la preparación del sitio	238
Espaciamiento entre árboles plantados	240
Guía para el establecimiento de plantaciones	245
Aditivos del suelo	247

Capítulo 7. Prácticas de Manejo en Plantaciones

Calidad de sitio	254
Mejoras en la calidad de sitio en plantaciones	256
Deterioro del sitio en plantaciones	257
Relaciones genéticas	261
Naturaleza de la variación genética	262
Posibles ganancias genéticas	264
Consideraciones económicas en el mejoramiento genético de árboles	265
El mejoramiento del árbol como un aspecto del manejo	265
Cómo efectuar el mejoramiento de los árboles	266
Rotación	269
Calidad de la madera	270
Predicción del crecimiento	271
Tratamiento de la plantación	272
Protección	272
Control de la vegetación	272
Cultivos de protección	276
Plantación intercalada	276
Labranza del suelo	277
Irrigación	278
Quema	279
Fertilizantes	279
Raleos	285
Efectos del espaciamento	285
Razones para raleo	287
Cuándo raleo	289
Cuántos árboles dejar	290
Cuáles árboles dejar	290
Consideraciones económicas	292
Efectos del raleo en la madera	292
Efectos del raleo en el rendimiento	293
Sistemas de raleo	294

Selección de árboles	297
Podas	300
Rebrotes ("Coppice")	303
Manejo de bambúes	306
Cosecha	307
Rendimientos	307
Regeneración	308
Insectos y enfermedades	309

Capítulo 8. El Sistema Agroforestal

Agricultura migratoria	311
Costumbres y precedentes	312
Prácticas tradicionales	313
El barbecho: conservación de nutrimentos	320
Mejoramiento del efecto de la agricultura migratoria	323
Planificación local mejorada	324
Uso de la tierra	325
Barbechos mejorados	327
Prácticas mejoradas de cosecha	327
Uso de fertilizantes	329
Sistema taungya	329
El desarrollo de la agroforestería	332
Variables conceptuales	332
Posibilidades y limitaciones	334
Beneficios futuros de la agroforestería	336
Desventajas de los cultivos mixtos	337
Combinación de cultivos	338

Capítulo 9. Investigación Forestal

Historia de la investigación forestal tropical	343
Necesidades de investigación en la región	344
Componentes de la investigación	347
Orientación	347
Representatividad	350
Réplicas	350
Precisión	351
Interpretación de resultados	352
Presentación	353
Enfoque de la investigación	353
Clasificación de los bosques e inventarios forestales	353
Ecosistemas forestales	354
Historia de vida de los árboles	355
Crecimiento de los árboles	357
Silvicultura	359

Contenido

Adaptabilidad de las especies 361
Uso de fertilizantes 366
Espacio de crecimiento 367
Mejoramiento de los árboles 368
Agroforestería 374

Capítulo 10. Implementación 377
Fuerzas que respaldan la implementación 379
 El papel del gobierno 380
 El papel del público 380
 Ayuda exterior 381
Objetivos a largo plazo 383
Estrategias 386
Principios para alcanzar el éxito 387
Cómo vencer la resistencia 388
Organización efectiva 389
Compromiso personal 389
Algunos éxitos 390
 Producción industrial en Brasil 390
 Madera para leña en Haití 390
 Árboles de uso múltiple en Costa Rica 390
 Plan Piloto en México 390

Apéndice A. Características Climáticas Regionales 393
México 393
Centroamérica 393
Indias Occidentales 393
Sudamérica 394

Apéndice B. Clasificaciones Climáticas 397
Sistema de Koeppen 397
Sistema de Thornthwaite 397
El Sistema Holdridge 400
Sistema de Walter 401

Apéndice C. Desarrollo de los Bosques 405

Apéndice D. Clasificaciones de los Bosques 407
Sistema de Schimper 407
Sistema de Chipp 408
Sistema de Champion 409
Sistema de Burt-Davy 409
Sistema de Beard 410
Sistema de Holdridge 412

Sistema Unesco 413
Tipos de Vegetación Regional y Subregional 414
Manglares 416
La Vegetación del Cerrado 417

Apéndice E. Desarrollo Cronológico del Refinamiento Forestal 419

Apéndice F. Selección de Especies Arbóreas Tropicales para Plantar 421

Apéndice G. Especies Coníferas para los Trópicos 437

Apéndice H. Cronología de las Plantaciones Forestales Tropicales 439

Sur de Asia 439
África 439
Sudeste asiático y Pacífico 440
América Tropical 441

Apéndice I. Ejemplos de Selección de la Rotación 445

Apéndice J. Resultados de Algunos Raleos Seleccionados 451

Apéndice K. Publicaciones sobre Pestes y Enfermedades de las Plantaciones 457

Apéndice L. Especies de Árboles Apropriadas para la Agroforestería 459

Apéndice M. Información Silvícola de Importancia 461

Bibliografía 463

Índice Bibliográfico por País 569

Índice Bibliográfico por Género 573

Índice Bibliográfico Temático 575

Índice 583

Lista de Figuras

	Página
1-1. Porcentaje de tierra a diferentes latitudes en el neotrópico (Baumgartner y Reichel 1975).	2
1-2. Radiación solar media en la superficie terrestre, según influencia de la estación y la latitud en los trópicos (Gentili 1968).	3
1-3. Radiación solar media diaria (calorías/cm ²) recibida en la superficie terrestre en el mes de junio (Landsberg 1961).	5
1-4. Radiación solar media diaria (calorías/cm ²) recibida en la superficie terrestre en el mes de diciembre (Landsberg 1961).	6
1-5. Área de terreno en América tropical, según latitud y temperatura media (Anón. 1975b, 1979b).	7
1-6. Los vientos del Este prevalecientes en la región moldean el dosel de este centinela cerca de la costa de la isla de Santa Lucía.	9
1-7. La cantidad de lluvia que cae en las laderas a barlovento contrastan con las de sotavento (Beard 1949).	10
1-8. Patrón de viento superficial durante el solsticio del hemisferio norte; la línea discontinua señala la zona de convergencia (Garbell 1947).	11
1-9. Patrón de viento superficial durante el solsticio del hemisferio sur; la línea discontinua señala la zona de convergencia (Garbell 1947).	12
1-10. Estaciones seca y húmeda en los trópicos en relación con la latitud (adaptado de E. De Martonne, citado por Richards 1952).	13
1-11. Porcentajes de terrenos neotropicales por niveles de precipitación (Anón. 1975h, 1979f).	14
1-12. Precipitación media anual (cm) en el neotrópico (Anón. 1975h, 1979f).	15
1-13. Patrones de lluvias estacionales en el neotrópico (Biel 1968).	16
1-14. Porcentaje de terrenos neotropicales por latitud y elevación (Anón. 1979b).	20
1-15. Influencia de la acidez y la alcalinidad del suelo en la disponibilidad de nutrimentos para las plantas (Lucas y Davies, 1961).	20
1-16. Porciones de América tropical sin cobertura forestal de manera natural (sonas sombreadas).	25
1-17. El ciclo hidrológico (adaptado de Holzman 1941).	29
2-1. Los troncos de casi todos los árboles del chicozapote (<i>Manilkara zapota</i>) en México y Centroamérica han sido repetidamente sangrados para obtener el látex, base de la goma de mascar.	34
2-2. Los manglares proporcionan una fuente localmente accesible y muy productiva de postes derechos para la construcción.	34
2-3. A pesar de la expansión urbana, los bosques siguen siendo compañeros valiosos en el norte de Puerto Rico.	34
2-4. Los bosques tienen una capacidad inigualable de promover la infiltración del agua de lluvia en el suelo, la cual alivia el peligro de inundaciones y descarga gradualmente un flujo constante y libre de sedimentos.	36
2-5. La descarga del agua de lluvia en suelos forestados de tierras altas maximiza el valor de los embalses aguas abajo, vitales para los centros urbanos.	36
2-6. La construcción de carreteras de montaña y la deforestación muestran de inmediato cuán efectivo era el bosque en prevenir la sedimentación de este río en Sarawak.	37
2-7. El bosque que antes hubo acumuló suelos productivos para la agricultura; los árboles en lomas y bordes continúan protegiendo el ambiente para la agricultura.	38
2-8. Los bosques tropicales de crecimiento antiguo generalmente se talan y queman por hallarse en sitios remotos, lejos de los mercados. El propósito no es obtener madera, sino usar el suelo para producir alimentos.	38
2-9. Los cultivos arbóreos como el café por lo general reemplazan al bosque, y si son bien manejados, pueden persistir durante muchos años.	38
2-10. En el neotrópico, el sangrado del látex para producir goma sigue siendo una industria forestal importante.	38
2-11. La madera de las tierras bajas tropicales, por lo general se transporta a través de los ríos, como se ve en Panamá.	41
2-12. Los grandes árboles de madera atractiva y peso medio proporcionan unos de los productos más valiosos de los bosques tropicales, el enchapado, manufacturado aquí en Sarawak a partir de una dipterocarpacea.	41
2-13. Típicamente, el interés único de la cosecha de madera tropical es la ganancia inmediata, a expensas de los árboles inmaduros que podrían cosecharse en el futuro.	41

Contenido

2-14. Secuencia esquemática para la identificación y tratamiento de terrenos para la producción de árboles y bosques.	45
2-15. Las laderas recientemente deforestadas de Sarawak, generalmente se convierten en plantaciones de pimienta negra, un cultivo que genera ingresos en efectivo.	46
2-16. El uso excesivo de laderas antiguamente forestadas produce terrenos degradados, tal como se ve aquí en Haití.	48
2-17. El sistema público de reservas forestales de Puerto Rico incluye diversos climas, suelos y ecosistemas.	56
2-18. Con instalaciones simples en sitios de gran belleza natural se puede ofrecer recreación dentro del bosque, como este en Puerto Rico.	57
2-19. Diferentes variedades de rattan provienen de lianas de los bosques tropicales de la región del Asia y del Pacífico.	60
3-1. El dosel de los bosques húmedos a elevaciones bajas está formado por las copas anchas de los árboles, según se ilustra con este bosque de Panamá.	70
3-2. En suelos superficiales, como estos en colinas de piedra caliza en Puerto Rico, los bosques son de baja estatura y las copas de los árboles son bajas y anchas.	71
3-3. Los bosques húmedos primarios típicamente están compuestos de muchos árboles prequeños que crecen bajo el dosel formado por unos pocos árboles grandes.	72
3-4. La fuerza regeneradora de los bosques tropicales es evidente en los árboles que cubren y ocultan totalmente las grandes pirámides de la ciudad Maya de Tikal.	99
3-5. Los manglares cubren densamente las orillas de los estuarios y los pantanos anegados por las mareas.	105
4-1. Bosque seco residual después de muchos años de pastoreo excesivo e incendios, compuesto casi totalmente de <i>Bursera simaruba</i> ; no se observa regeneración.	113
4-2. Bosque residual en el sureste de México, donde se muestra la densidad de la cobertura remanente.	116
4-3. Bosque húmedo de Filipinas inmediatamente después de la tala; se aprecian los árboles remanentes pequeños.	116
4-4. Bosque residual de dipterocarpaceas en colinas de Sarawak, 18 meses después de la extracción de un promedio de 38 m ³ /ha; se aprecia el buen estado de la cobertura forestal de uso potencial.	117
4-5. Regeneración de la especie oportunista <i>Cecropia</i> spp. en un claro después de un huracán en Puerto Rico, debajo vuelve a crecer un bosque mixto.	118
4-6. Eliminación de un árbol relicto en Sarawak, usando el método del anillamiento y envenenamiento con arboricida.	141
4-7. Regeneración completa del <i>Pinus occidentalis</i> después de una tala severa en las tierras altas del Haití.	142
4-8. Regeneración abundante causada por la liberación de un árbol -en el centro- diez años antes.	142
4-9. Desarrollo de un bosque secundario de barbecho de veinticuatro años en Filipinas.	142
4-10. Mangle blanco (<i>Laguncularia racemosa</i>) raleado; se extrajo casi la mitad del área basal para postes y leña.	144
4-11. Lugar del refinamiento en la silvicultura de bosques secundarios (Wadsworth 1966).	145
4-12. La razón de la uniformidad del diámetro de la corona al dap para árboles cuyo dap es > de 20 cm (Wadsworth 1987).	149
4-13. Promedio del crecimiento comparativo y máximo de 1.600 árboles de un bosque húmedo mixto de Puerto Rico (Wadsworth 1987).	153
5-1. Plantación en claros, o enriquecimiento del bosque, con pinos en las laderas de Jamaica.	184
5-2. Los árboles plantados en aperturas del dosel tienden a desarrollar fustes derechos.	188
5-3. La necesidad de evitar un control de malezas costoso ha conducido a la selección de especies de árboles de crecimiento inicial muy rápido, según lo ilustra el desarrollo de <i>Anthocephalus chinensis</i> , en su primer año.	195
5-4. Los eucaliptos han sido extensamente seleccionados en el neotrópico debido a su rápido crecimiento y capacidad de adaptación a suelos degradados.	196

5-5.	La cola de zorro, aunque es característica de árboles vigorosos de crecimiento rápido, generalmente se la percibe como un crecimiento anormal y los árboles son eliminados en los primeros raleos.	200
6-1.	Reforestación a gran escala con plantaciones industriales; un objetivo a largo plazo en el sur de Brasil.	213
6-2.	Preparación de un pequeño vivero forestal típico en el campo en Guatemala.	224
6-3.	En algunos viveros se ha comprobado la utilidad de los envases plásticos reciclables.	234
6-4.	Preparación del sitio mediante quemas extensas tres meses después de talar el bosque primario, una práctica antes usada en Jari, Brasil.	236
6-5.	El crecimiento del primer año de <i>Pinus caribaea</i> fue inducido colocando fertilizante en el fondo del hoyo en el momento mismo del plantado en un sitio pobre de Jamaica.	247
7-1.	Clases de sitios para teca en el neotrópico (Keogh 1982).	254
7-2.	Cuando se ignoran las calidades del sitio, como la profundidad del suelo o el nivel de humedad, es posible producir árboles mal formados, como lo ilustra esta <i>Gmelina arborea</i> en Perú.	256
7-3.	Un buen sitio produce árboles de buena forma y crecimiento rápido, según lo ilustran estos árboles de un año de edad de <i>Paulownia tomentosa</i> en Filipinas.	256
7-4.	Control rápido de la vegetación en Java, mediante el uso del sistema taungya que intercala maíz, arroz, <i>Leucaena leucocephala</i> y <i>Tectona grandis</i> .	278
7-5.	El raleo de <i>Araucaria angustifolia</i> en el norte de Argentina deja los mejores árboles para la cosecha final.	288
7-6.	Un raleo temprano en plantaciones de pinos para postes permite que entre suficiente luz a través del dosel para mantener una cobertura herbácea que protege el suelo.	288
7-7.	Los raleos para la producción de madera para pulpa proporcionan una ganancia parcial rápidamente que amortiza las inversiones.	288
8-1.	Efecto de los cultivos mixtos en los rendimientos futuros (Harper 1977)	317
8-2.	Como se aprecia en las paredes del Templo de Boburadur en Java (siglo VIII), la agroforestería quizás no sea tan nueva después de todo.	330
8-3.	Los terrenos ricos y llanos de la parte oriental de Java están muy poblados e intensamente cultivados; sin embargo, los árboles se han mantenido durante siglos por sus frutos, madera y leña para la población agrícola.	330
8-4.	Una plantación exitosa de teca (<i>Tectona grandis</i>) bajo sistema taungya en Trinidad; el cultivo agrícola ya ha terminado y los árboles dominan.	331
8-5.	Un cultivo secundario importante son los anthuriums para la exportación, los cuales se producen bajo el bosque montano bajo húmedo de la Isla de Dominica.	334
8-6.	Plan agroforestal de uso múltiple para 12 ha en el sur de México (Chavelas Pólito 1980).	340
9-1.	La sede del Instituto Internacional de Dasonomía Tropical (IITF), con sede en Puerto Rico, una de las instituciones de investigación más venerables. El IITF forma parte del Servicio Forestal del Departamento de Agricultura de los EE.UU.	344
9-2.	Derivación de las prioridades de investigación orientadas hacia la producción forestal (Philip 1964).	349
9-3.	Las evaluaciones precisas y repetidas de los bosques son fundamentales para adquirir nuevos conocimientos a través de la investigación.	352
9-4.	Diagrama de raleo clinal (Borota y Proctor 1967).	369
9-5.	El diseño Nelder (1962) para estudios de espaciamento (Briscoe 1990).	370
9-6.	El crecimiento excepcional de <i>Gmelina arborea</i> a los cuatro años en Jari, Brasil, es un ejemplo de las futuras fuentes de mejoramiento genético de los árboles tropicales por medio de las investigaciones modernas.	371

Contenido

Lista de Figuras (continuación)	Página
B-1. Zonas climáticas de Koeppen, según las modificaciones de Trewartha (1968) para el neotrópico	398
B-2. Resultados de la aplicación de los procedimientos de Thornthwaite a dos climas (Golfari 1968b)	399
B-3. Sistema de zonas de vida de Holdridge, con leves modificaciones	400
B-4. Aplicación del sistema de zonas de vida de Holdridge a Puerto Rico (Ewel y Whitmore 1973)	402
B-5. Ejemplo del diagrama de Walter de los climas mundiales (Walter (1971). Campeche = estación bajo monitoreo; 25,7 = temperatura media en grados Celsius; 890 = precipitación anual en milímetros; [~15] = número de años del registro; 25,0 = temperatura media durante el mes más frío; 12,2 = temperatura extrema mínima.	403
B-6. De las nueve zonas climáticas reconocidas, cuatro se encuentran en Centroamérica y Sudamérica: I = zona ecuatorial; II = zona tropical; III = zona árida subtropical; IV = zona templada caliente (Walter 1971).	404
D-1. Diagrama perfil del bosque montano bajo pluvial en Sta. Lucia (Beard 1949).	411
D-2. Las 33 regiones vegetacionales tropicales de América del sur, según Hueck; el Cuadro D-3 define los números (Hueck y Seibert 1988).	416

Lista de Cuadros	Página
1-1. Áreas tropicales externas e internas	3
1-2. Pérdidas diarias de insolación en la superficie de la tierra de junio a diciembre, por tipo de pérdida y latitud	4
1-3. Temperatura media en relación con la altitud y la latitud (°C)	8
1-4. Cambios de la temperatura media en relación con la elevación en diferentes localidades del hemisferio occidental	8
1-5. Topografía de la región tropical de América del Sur	16
1-6. Formación de los bosques tropicales, por zonas (en miles km ²)	26
1-7. Tasa de deforestación anual en el trópico de 1981 a 1990	27
1-8. Cobertura de bosques naturales en los trópicos en 1990	28
2-1. Producción y exportación de productos de madera en América Tropical en 1982 y 1992	40
2-2. Producción de alimentos en América Tropical, 1972-81	44
2-3. Capacidad de uso de la tierra en Centroamérica	50
2-4. Uso futuro potencial de la tierra en Puerto Rico	51
2-5. Influencia de la vegetación en la erosión e infiltración en los bosques tropicales de Cuba	55
2-6. Consumo de madera en América Tropical en 1992	57
2-7. Productos no madereros aprovechados en bosques de la India	61
2-8. Efectos del contenido de humedad en el valor calorífico de la madera	63
3-1. Extensión de los bosques tropicales no perturbados en 1980	70
3-2. Contrastes estructurales entre bosques húmedos y secos	71
3-3. Número de árboles por hectárea en bosques tropicales seleccionados	71
3-4. Árboles de ≥ 10 cm dap, por altitud en Venezuela	72
3-5. Distribución de los árboles por clase de tamaño en los bosques amazónicos (número de árboles por ha)	72
3-6. Bosques altos pan-tropicales	72
3-7. Estratos y fitomasa arbórea en Manaus, Brasil	76
3-8. Porcentaje de fitomasa por componente arbóreo de dos especies de árboles en la India	77
3-9. Número de especies arbóreas con dap >25 cm, por unidad de bosque de tierra firme en el Amazonas	80
3-10. Porcentaje de todos los árboles con dap >25 cm, por familia en el bosque planalto del Amazonas	81
3-11. Biomasa y nutrientes principales en un bosque húmedo no perturbado en Kobo, Surinam	86
3-12. Cambios en el contenido de nutrientes en agua de lluvia, La Selva, Costa Rica	87
3-13. Contenido de nutrientes en la hojarasca de bosques de tres países tropicales (kg/ha)	87
3-14. Reciclaje de nutrientes en un bosque pluvial de Ghana (kg/ha/año)	88

Lista de Cuadros (continuación)

	Página
3-15. Pérdidas de nutrientes en un ecosistema de bosque primario de Papúa-Nueva Guinea (kg/ha)	89
3-16. Efecto de la luz sobre el crecimiento anual promedio del diámetro a la altura del pecho a los cuatro años de especies dipterocarpáceas en Sarawak (cm/año)	92
3-17. Distribución de la energía en un bosque de Tailandia	93
3-18. Promedio de humedad relativa en un bosque de tierra firme cerca de Belem, Brasil, por mes, hora del día y altura sobre el nivel del suelo (%)	102
3-19. Variación de la temperatura media en un bosque de tierra firme en Brasil, por mes, hora del día y altura sobre el nivel del suelo (°C)	103
3-20. Temperatura del suelo cerca de Belem, Brasil, por mes, profundidad y clase de terreno (°C)	104
3-21. Relación entre el clima y la productividad primaria neta	107
4-1. Bosques tropicales secundarios potencialmente productivos, 1980	115
4-2. Cambio anual en una zona boscosa tropical secundaria potencialmente productiva, 1975-80	116
4-3. Distribución del crecimiento de la biomasa en un bosque tropical secundario en Panamá (t/ha/año)	120
4-4. Interceptación de la precipitación en un bosque secundario de 14 años en Guatemala	120
4-5. Restauración de la porosidad del suelo en un bosque secundario de Nigeria	121
4-6. Estado de manejo de los bosques tropicales cerrados en 1980	122
4-7. Tabla del rodal pantropical para bosques tropicales húmedos	130
4-8. Aceleración del crecimiento después del aprovechamiento en Sabah (cm)	132
4-9. Producción del sistema de dosel protector en Dahomey (Benin) y Nigeria	137
4-10. Cantidad de árboles que corresponden a una densidad total en bosques de Uganda	148
4-11. Altura comercial por dap de 1600 árboles de 15 especies del bosque húmedo de Puerto Rico	152
4-12. Mejora en la composición del rodal mediante el refinamiento en un bosque secundario húmedo de Puerto Rico	160
4-13. Guía del espaciamiento para la liberación de árboles de futura cosecha en Puerto Rico	162
4-14. Respuesta de las dipterocarpáceas a la liberación en Sarawak (cm)	163
4-15. Cambios postcosecha en un rodal de 16 especies económicamente valiosas liberadas mediante la corta de trepadoras y envenenamiento de la vegetación a media altura del dosel superior, en Nigeria	163
4-16. Reacción de <i>Virola surinamensis</i> durante 18 meses después de la liberación en Guayana (cm/yr)	164
5-1. Madera proveniente de plantaciones como sustituto de la madera de bosques naturales en el trópico	174
5-2. Petróleo equivalente al rendimiento de <i>Eucalyptus</i> de siete años en África	176
5-3. Productividad de las plantaciones tropicales	176
5-4. Tamaño mínimo de plantación tropical capaz de abastecer a la industria maderera	177
5-5. Superioridad del incremento medio anual de las plantaciones tropicales en sitios buenos y mediocres, para distintas especies	178
5-6. Terrenos convertidos en plantaciones de madera en el trópico	179
5-7. Productos finales de las plantaciones forestales tropicales y porcentaje de terreno forestal dedicado a la producción de cada uno	179
5-8. Características del suelo bajo plantaciones de neem (<i>Azadirachta indica</i>) en comparación con terrenos no forestados en el noroeste de Nigeria	181
5-9. Disposición de la precipitación por plantaciones de <i>Pinus roxburghii</i> y <i>Tectona grandis</i> en la India	182
5-10. Efectos de distintas plantaciones de árboles tropicales en las reservas de nutrientes en el suelo durante 18 años	190
5-11. Sobreproducción de <i>Eucalyptus</i> plantado con árboles leguminosos en Hawaii	193
5-12. Producción de madera y propiedades requeridas por uso final	199
5-13. Composición de especies en plantaciones de madera tropicales	202
5-14. Adaptación de especies de árboles tropicales por zona de vida en la región central y norte de Sudamérica	202
5-15. Efectos del sitio en la productividad de <i>Pinus caribaea</i> en Queensland, Australia	203
5-16. Plantaciones forestales en los trópicos en 1990 (en miles ha)	210

Contenido

Lista de Cuadros (continuación)

	Página
5-17. Establecimiento de plantaciones en el neotrópico hasta 1985 (en miles ha)	211
5-18. Establecimiento de plantaciones en el neotrópico hasta 1985 (en miles ha)	211
5-19. Tasa de plantación con relación en el neotrópico entre 1980-90 (en miles ha)	211
6-1. Capacidad de uso de la tierra en Brasil	215
6-2. Extensión de terreno por tipo de uso en el trópico brasileño	216
6-3. Efectos sobre la viabilidad de la inmersión de semillas de <i>Ochroma lagopus</i> en agua hirviendo	221
6-4. Tiempo de germinación de semillas de especies arbóreas de Zambia	221
6-5. Efectos del espaciamiento en la supervivencia y rendimiento de <i>Gmelina arborea</i> en la India	229
6-6. Diámetro de pseudoestacas de teca (<i>Tectona grandis</i>) en comparación con la supervivencia y el crecimiento inicial en altura en la India	231
6-7. Efectos del espaciamiento sobre <i>Pinus elliottii</i> en Queensland, Australia	241
6-8. Efectos del espaciamiento en los rendimientos de biomasa de <i>Leucaena leucocephala</i> en plantaciones de cuatro años en Taiwán	242
6-9. Efectos del espaciamiento en el volumen de <i>Sesbania sesban</i> a los 30 meses en la India	242
6-10. Efectos del espaciamiento en la productividad de <i>Eucalyptus saligna</i> a los ocho años de edad en Sao Paulo	244
6-11. Efectos del espaciamiento y crecimiento de <i>Eucalyptus saligna</i> a los cinco años en Hawai	244
6-12. Influencia del espaciamiento en el crecimiento de <i>Pinus taeda</i> en Hawai	245
6-13. Espaciamiento y rendimiento de <i>Pinus taeda</i> a los 15 años en el sureste de los EE.UU	245
6-14. Beneficios de la aplicación de nitrógeno y desmalezado en la producción de forraje de <i>Leucaena leucocephala</i> en Papúa-Nueva Guinea (kg/ha)	249
6-15. Variación de nutrimentos en las hojas de un árbol de <i>Gmelina arborea</i>	250
7-1. Secuencia de decisiones y operaciones en una plantación industrial	253
7-2. Volumen de celulosa utilizable de <i>Pinus elliottii</i> en Paraná, Brasil (m ³)	255
7-3. Volumen de celulosa utilizable de <i>Pinus taeda</i> en Paraná, Brasil (m ³)	255
7-4. Rendimientos de teca (<i>Tectona grandis</i>) por calidad de sitio en Java	256
7-5. Efectos del sitio en la productividad del <i>Eucalyptus globulus</i> en Madras, India	257
7-6. Efectos del sitio en la productividad de <i>Eucalyptus globulus</i> de ocho años en El Salvador	257
7-7. Desempeño de <i>Pinus caribaea</i> a la edad de 30 años en Surinam por clase de sitio	258
7-8. Efectos del sitio sobre <i>Pinus caribaea</i> en Queensland, Australia	258
7-9. Biomasa aérea en una plantación de <i>Pinus radiata</i> de 40 años en África del Sur	259
7-10. Productividad comparada de la primera y segunda rotación de <i>Pinus patula</i> de 14 años en Suazilandia	260
7-11. Niveles de nutrimentos en plantaciones de <i>Gmelina</i> de seis años de edad en Nigeria y Brasil	261
7-12. Niveles de nutrimentos en plantaciones de <i>Pinus caribaea</i> de seis años en Surinam y Brasil	261
7-13. Torceduras en la progenie de teca en relación con la fuente de semillas en India	262
7-14. Vigor híbrido de <i>Pinus caribaea</i> y <i>P. elliottii</i> en Australia	265
7-15. Ganancias obtenidas con la selección en <i>Cupressus lusitanica</i> en Kenia	265
7-16. Producción de polen de <i>Pinus taeda</i> en relación con el espaciamiento de huertos semilleros de 13 a 16 años en Australia	268
7-17. Efecto del espaciamiento en la producción de <i>Pinus elliottii</i> and <i>Araucaria cunninghamii</i> en Australia	269
7-18. Área cubierta y aumento de plantaciones irrigadas en la India en 1944	278
7-19. Devolución de nutrimentos por la hojarasca en una plantación de híbridos de <i>Eucalyptus</i> en la India	279
7-20. Flujo de nutrimentos en una plantación de <i>Pinus radiata</i> bajo rotación de 35 años en Nueva Zelandia	282
7-21. Demanda neta de nutrimentos de <i>Pinus radiata</i> en Nueva Zelandia	282
7-22. Devolución de nutrimentos por la hojarasca en una plantación de teca (<i>Tectona grandis</i>) de diez años y en bosques naturales del África occidental	283
7-23. Contenido de nutrimentos de cinco árboles de <i>Eucalyptus globulus</i> en Italia	284
7-24. Espaciamiento requerido en metros para un crecimiento libre de tres especies de árboles tropicales, con base en el dap	286

Lista de Cuadros (continuación)

	Página
7-25. Espaciamiento de <i>Eucalyptus camaldulensis</i> y calidad de árbol resultante en Israel	286
7-26. Número de árboles de <i>Eucalyptus</i> por hectárea, en función del diámetro de copa/dap	286
7-27. Efecto del espaciamiento en <i>Pinus caribaea</i> de 12 años no raleado en Puerto Rico	287
7-28. Regímenes de raleo para especies de árboles tropicales de 15 años, con base en la relación diámetro de copa y dap	290
7-29. Diferenciación de <i>Anthocephalus chinensis</i> sin ralear en Sabah (dap en cm)	291
7-30. Crecimiento diamétrico en relación con el tamaño del árbol para <i>Swietenia macrophylla</i> y <i>Tarrietia utilis</i> en Costa de Marfil	291
7-31. Niveles de densidad adaptados a partir del factor de espaciamiento de Hart	296
7-32. Regímenes de raleo según el crecimiento en altura	296
7-33. Régimen del raleo eliminando el 30% de los árboles (no./ha)	296
7-34. Factor de espaciamiento (S%) provisional para ralear <i>Pinus caribaea</i> en Surinam	297
7-35. Efectos del sitio en el crecimiento en área basal de <i>Pinus elliottii</i> en Queensland, Australia	297
7-36. Cronograma de raleos para <i>Pinus caribaea</i> en África del Sur	300
7-37. Reacción a la poda en términos de crecimiento de <i>Pinus patula</i> de 7.5 años en Malawi	303
7-38. Cronograma de poda para <i>Pinus elliottii</i> y <i>P. patula</i> en África del Sur	303
7-39. Potencial de producción de madera de <i>Eucalyptus</i> spp. en Brasil	304
7-40. Efectos del raleo en rebrotes de <i>Eucalyptus saligna</i> en Kenia	305
7-41. Recuperación después del raleo de <i>Dendrocalamus strictus</i>	306
7-42. Rendimiento en plantaciones de <i>Eucalyptus</i> en Sao Paulo, Brasil	308
7-43. Rendimientos típicos de las especies tropicales en plantación, según las zonas de vida de Holdridge	308
8-1. Regímenes de agricultura migratoria en el antiguo Zaire	314
8-2. Rendimientos comparativos de los cultivos migratorios en el antiguo Zaire (t/ha)	315
8-3. Efectos de la quema en las propiedades del suelo en la Amazonia	319
8-4. Pérdidas por sedimentación y escorrentía causadas por la tala en bosques de Mindanao, Filipinas	320
8-5. Acumulación de biomasa en los bosques en barbecho en Yangambi, antiguo Zaire (t/ha)	321
8-6. Composición química de los bosques en barbecho en Yangambi, antiguo Zaire (kg/ha)	322
8-7. Almacenaje de nutrientes durante cuatro años en un barbecho de <i>Acioa barteri</i> en África Occidental (kg/ha)	327
8-8. Efectos de la cosecha sobre el suelo en Mindanao, Filipinas	328
8-9. Rendimientos de <i>Eucalyptus</i> y maíz bajo sistema taungya en Brasil	332
8-10. Efectos de la sombra de <i>Terminalia ivorensis</i> sobre el rendimiento de cacao en Ghana	338
8-11. Producción de madera y forraje de <i>Leucaena leucocephala</i> en la India	339
9-1. Valores de t de Student (nivel de probabilidad del 95%) para varias réplicas en estudios de investigación	351
9-2. Número aproximado de observaciones requeridas para una precisión especificada en experimentos basados en coeficientes de variación	351
9-3. Error probable en un muestreo de suelos en inventarios forestales (%)	354
9-4. Diferencias de significancia (expresadas como porcentaje del promedio) obtenidas en experimentos de precisión y número de réplicas dadas (%)	363
9-5. Programa de raleos prescritos para el diseño mostrado en la Fig. 9-2 (años).	369
9-6. Ventajas y desventajas de las pruebas de procedencias de árboles en la investigación forestal	375
A-1. Promedios climáticos representativos en el neotrópico	395
B-1. Índices caloríficos del promedio de temperaturas mensual entre 10 °C y 30 °C	398
B-2. Superficie terrestre de Centroamérica distribuida en zonas de vida (miles de km ²)	401
D-1. Zonas de vida en los trópicos	413

Contenido

Lista de Cuadros (continuación)	Página
D-2. La influencia de la sequía sobre los tipos de bosques	413
D-3. Regiones tropicales de América del Sur según los tipos de vegetación	415
D-4. Características rodales de los bosques del cerrado	415
H-1. Introducción de la teca (<i>Tectona grandis</i>) y plantación inicial en África	439
I-1. Relación de la edad con el crecimiento e incremento medio anual (MAI) de teca (<i>Tectona grandis</i>) en Trinidad	445
I-2. Incremento medio anual (MAI) de <i>Pinus caribaea hondurensis</i> en Trinidad, en función de la edad y calidad del sitio	445
I-3. Tendencias de la edad/volumen (m ³ /ha/año) en plantaciones de <i>Araucaria angustifolia</i> de 1000 árboles por hectárea en Brasil	445
I-4. Potencial de producción de madera de <i>Araucaria angustifolia</i> en Brasil	446
I-5. Tendencias de edad/rendimiento (m ³ /ha/año) en plantaciones de <i>Cunninghamia lanceolata</i> de 1000 árboles por hectárea en Brasil	446
I-6. Potencial de producción de madera de <i>Cunninghamia lanceolata</i> en Brasil	447
I-7. Tendencias de la edad/volumen de plantaciones de <i>Cryptomeria japonica</i> (m ³ /ha/yr) con 1000 árboles por hectárea en Brasil	447
I-8. Potencial de producción de madera de <i>Cryptomeria japonica</i> en Brasil	448
I-9. Relación edad/incremento para <i>Cupressus lusitanica</i> en Colombia	448
I-10. Tendencias de edad/incremento (m ³ /ha) para <i>Eucalyptus saligna</i> en el Transvaal, Sudáfrica	448
I-11. Crecimiento basimétrico del <i>Eucalyptus globulus</i> en la India	448
I-12. Producción de leña de <i>Eucalyptus</i> en Brasil	449
I-13. Tendencias de edad/volumen en plantaciones de <i>Eucalyptus</i> de 1000 árboles por hectárea en Brasil	449
I-14. Relaciones de edad/incremento para <i>Eucalyptus deglupta</i> en Papúa Nueva Guinea	449
I-15. Relaciones de edad/incremento para <i>Gmelina arborea</i> en Filipinas	449
I-16. Relaciones edad/incrementos para <i>Anthocephalus chinensis</i> en la India	450
I-17. Relaciones edad/incremento de <i>Casuarina equisetifolia</i> en la India	450
I-18. Relación edad/volumen para <i>Pinus elliottii</i> en Argentina	450
J-1. Efectos de distintas intensidades de raleo en una plantación de teca (<i>Tectona grandis</i>) de ocho años en Nigeria	451
J-2. Efectos del raleo en el crecimiento volumétrico de <i>Pinus elliottii</i> en el sur de EE.UU.	451
J-3. Crecimiento diamétrico de los árboles más grandes de <i>Pinus elliottii</i> después del raleo en el sur de EE.UU.	451
J-4. Efectos del raleo en una plantación de <i>Araucaria angustifolia</i> en Misiones, Argentina, tratada a los cuatro años y medida a los 11 años	453
J-5. Dimensiones de los árboles de teca plantados a campo abierto en Tailandia	453
J-6. Programa de raleos de teca (<i>Tectona grandis</i>) en Nigeria, en un sitio de calidad I, con base en la altura	453
J-7. Programa de raleos de tres especies en Kenia	454
J-8. Programa de raleos para <i>Pinus patula</i> y <i>P. radiata</i> en Kenia	454

PRESENTACION INICIAL

En materia forestal, el orden del día de casi todas las regiones del mundo incluye entre los temas más prioritarios la pérdida de bosques tropicales. El Hemisferio Occidental contiene más de la mitad de los bosques húmedos tropicales del mundo, principalmente en la Cuenca del Amazonas, además de otras regiones de América del Sur y Central. Por consiguiente, es oportuno introducir este primer libro comprehensivo sobre los bosques tropicales y la ciencia forestal en el Nuevo Mundo.

Esta obra se basa en la investigación exhaustiva, y probablemente habrá de influenciar el tono y el contenido de la ciencia forestal en el neotrópico por muchos años. Si bien el énfasis del libro está centrado en la América tropical, el autor ha revisado las prácticas forestales de todas las regiones tropicales del mundo.

Por tratarse de un trabajo comprehensivo, el autor comienza con una caracterización de los bosques de la América tropical; revisa a continuación los valores socioeconómicos de los bosques, su biología y silvicultura, e incluso el manejo de los bosques secundarios y plantaciones; y, por último, analiza la ciencia agroforestal, las necesidades futuras de investigación y los objetivos para la implementación de prácticas de silvicultura mejoradas, tanto por parte de los gobiernos como del público en general.

Robert E. Buckman
Jefe de Investigaciones (Jubilado)
Servicio Forestal del
Departamento de Agricultura de los EE.UU.

30 de junio de 1986

(El Dr. Buckman instigó e inspiró este libro y escribió este prefacio antes de jubilarse del Servicio Forestal).

Para mí, dos temas merecen una mención especial. El primer tema se refiere a la sensibilidad con la cual el autor trata la interacción entre las inquietudes ambientales y el desarrollo de los bosques tropicales. El segundo es el énfasis que da a la silvicultura y al manejo de los bosques secundarios; un tema al cual ha dedicado sus investigaciones personales, y cuya implementación en las regiones boscosas que recién comienzan a recuperarse de la primera generación de explotación parece ser muy prometedora.

Este libro presenta en forma resumida el conocimiento actual sobre la ciencia forestal tropical. Su impacto se realizará mediante la publicación en español, la que quedará a disposición de los estudiantes, dasónomos profesionales y ciudadanos interesados en Latinoamérica.

Unas pocas palabras sinceras acerca del autor. He conocido a Frank Wadsworth personalmente durante casi la mitad de su carrera profesional. Todas las personas que lo conocen saben que es una persona muy amable, de gran éxito científico y profesional, que se encuentra en el tope de su profesión, un portavoz muy elocuente en materia de los bosques tropicales de todas partes del mundo. Pienso que no existe una mejor manera de concluir toda una vida de trabajo dedicada a esta vocación que la publicación de este libro.

PRESENTACION

La generación actual de administradores de bosques tropicales está en vías de enfrentar grandes desafíos, tanto ahora como en los años venideros. Los recursos de los bosques tropicales están amenazados y las complejidades socioeconómicas son extensas y de carácter diverso. Las tendencias mundiales en los trópicos incluyen tasas de deforestación y degradación de los suelos cada vez mayores. Las poblaciones y los estándares de vida siguen aumentando, y por consiguiente, la demanda por madera, diversidad biológica y otros servicios y usos asociados. Mientras que ciertos usuarios de los recursos consideran que la explotación forestal ha de continuar, otros esperan que los recursos sean preservados de forma absoluta, o queden sujetos a una de las muchas alternativas intermedias posibles. Al encarar estos y otros problemas asociados, los administradores deberán comprender las dinámicas de los sistemas forestales y la importancia de enfrentar la dimensión humana al efectuar concesiones mutuas. Las investigaciones, la capacitación y la transferencia de tecnología deberán formar parte del proceso, si queremos que la próxima generación herede bosques tropicales mejorados.

Los profesionales del siglo XXI se beneficiarán de las investigaciones y experiencia del Dr. Frank H. Wadsworth, pionero del manejo de los bosques tropicales. Cuando el Dr. Wadsworth llegó a Puerto Rico hace más de 50 años, encontró una isla deforestada, que necesitaba rehabilitación antes de poder proporcionar un ambiente de calidad para sus habitantes. Desde entonces, el Dr. Wadsworth no sólo efectuó las investigaciones y practicó el manejo de los bosques tropicales de las islas del Caribe, sino que también viajó a través del mundo tropical y participó en el desarrollo de instituciones de desarrollo de las ciencias tropicales, a través de toda Latinoamérica. Ha capacitado

personalmente a cientos de profesionales forestales latinoamericanos en el aula y en el campo.

En este libro, el Dr. Wadsworth reúne la experiencia práctica de una vida entera, combinándola además, con una revisión exhaustiva de la literatura sobre el manejo del bosque tropical. Allí rescata el trabajo de muchos otros pioneros, cuyas contribuciones fundamentales han sido olvidadas por quienes sólo se interesan en la literatura más reciente. Este es un libro práctico, cuyo enfoque está centrado en las relaciones ecológicas de los bosques tropicales. Aparte de la literatura científica, el libro contiene conocimientos derivados de la experiencia acumulada por el genio inquisitivo y creador del Dr. Wadsworth, quien tuvo la perspicacia de establecer parcelas para el crecimiento de árboles a largo plazo, poco después de haber llegado a Puerto Rico en 1942.

No puede haber mejor herramienta para la capacitación de los nuevos cuadros de forestales tropicales que la sabiduría y conocimientos acumulados por la persona quien, con décadas de anticipación a los demás, encaró las tendencias antes descritas y logró rehabilitar con éxito los terrenos de bosques degradados de las islas del Caribe. Este libro fue apoyado inicialmente por el Dr. Robert Buckman, ex Sub-Director de Investigación del Servicio Forestal del Departamento de Agricultura de los EE.UU., quien vio lo valioso que era sintetizar y compartir estos conocimientos. Este libro llega en un momento oportuno cuando el mundo necesita saber cuál es el equilibrio apropiado entre la necesidad de usar los bosques y el requisito de preservarlos para las generaciones venideras. Agradecemos al Dr. Wadsworth por haber abierto el camino que todos nosotros debemos seguir, en la medida en que continuemos tratando de encontrar un equilibrio (ya que así debemos hacer) entre los requisitos humanos y el uso de los recursos.

Robert Lewis
Jefe de Investigaciones
Servicio Forestal del
Departamento de Agricultura de los EE.UU.
Washington, D.C.

Ariel E. Lugo
Director, Instituto Internacional de Dasonomía Tropical
Servicio Forestal del
Departamento de Agricultura de los EE.UU.
Río Piedras, P.R.

30 de mayo de 1997

RECONOCIMIENTOS

Este libro es el producto de muchos años de esfuerzos producidos por un sinnúmero de trabajadores. El alcance fue definido por **Forestry Abstracts** de donde provienen la base de las referencias de la bibliografía. Estos compendios condujeron a una revisión concentrada de la bibliografía en materia forestal de los Trópicos del Hemisferio Oriental en la incomparable biblioteca del Instituto Forestal de Oxford en Inglaterra. Mediante la ayuda de los peritos, se pudo efectuar una lectura cuidadosa de 2.000 referencias y obtener copias de gran parte de ellas para su estudio subsiguiente. El resultado fue que virtualmente todo el material significativo encontrado e incluido en la bibliografía ahora se encuentra en la biblioteca del Instituto Internacional Tropical Forestal de Río Piedras, Puerto Rico. El autor está principalmente adeudado en cuanto a la búsqueda, adquisición, recuperación y referencia de esta gran masa de datos, a las bibliotecarias del Instituto, JoAnne Feheley y Gisel Reyes, cuyos empeños infatigables de encontrar y obtener los datos requeridos, generalmente con base en descripciones incompletas, han sido, a mi modo de ver, nada menos que heroicos.

El Capítulo 4 fue revisado por el Dr. Peter Murphy de Michigan State University y el Dr. T.C. Whitmore, ecólogo de Cambridge University. El Capítulo 5 fue revisado por John Wyatt-Smith, jubilado, forestal de larga experiencia en Malasia y África; el Dr. John J. Ewel, Director del Institute of Pacific Islands Forestry en Hawaii; e Ian Hutchison, fallecido, anteriormente del Centro Agrónomico Tropical de Investigación y Enseñanza, Turrialba, Costa Rica. El manuscrito entero fue revisado por el Dr. Charles Larson, Decano jubilado de la Facultad de Ciencias Ambientales y Forestales de State University of New York, en Syracuse, y el Dr. Steven Preston, fallecido, ex-Decano de la Escuela de Recursos Naturales de la Universidad de Michigan.

Estos revisores ofrecieron consejos y sugerencias sobre conceptos y políticas, además de detalles técnicos. Una profunda deuda de gratitud se debe a estos individuos por haber examinado el largo manuscrito y respondido con prontitud al llamado. Sin embargo, las deficiencias en el producto final son enteramente responsabilidad del autor.

Se emplearon los servicios bajo contrato de Mary Elaine Lora, Susan Branham y Robert Wray, editor jubilado del Servicio Forestal del Departamento de Agricultura de los EE.UU., quienes efectuaron la revisión editorial del manuscrito entero. El autor reconoce su deuda con cada uno; no sólo por haber mejorado la claridad del texto, sino también por las sugerencias que hicieron en relación con la organización.

En el Servicio Forestal, se agradecen las revisiones de los editores bajo la supervisión de Carol Lowe, y las interminables revisiones al manuscrito, inicialmente escrito a máquina. Su aporte constituyó una asistencia valiosa, sin la cual el manuscrito jamás se pudo haber terminado. Afortunadamente, los índices general, bibliográficos y temáticos se procesaron en computadora. Una revisión final, detallada y muy grata del material técnico y del formato fue proporcionada por J.L. Whitmore del Personal de Investigación y Manejo Forestal, Servicio Forestal del Departamento de Agricultura de los EE.UU., Washington, D.C.

El autor reconoce una deuda de gratitud aún más fundamental con el Servicio Forestal mismo, a través del cual fue posible adquirir e interpretar los datos que aquí se presentan, durante una carrera profesional que incluyó muchas oportunidades de adquirir, a un nivel personal, una gran familiaridad con el trópico, los bosques y la ciencia forestal de la región.

INTRODUCCION

El propósito de este libro es servir como referencia para quienes han de mejorar la productividad de los bosques tropicales de América: los estudiantes de las facultades de ciencias forestales de la región. Ha existido una falta severa de obras de referencia sobre lo que ya se sabe en materia de producción forestal en América tropical. El objetivo de este libro, entonces, es sanear esta deficiencia.

El libro se centra en el potencial de los bosques. La falta de equilibrio entre la productividad del bosque y las exigencias humanas es tan extensa que afecta a todas las especies que viven sobre la tierra. Sin embargo, los intentos en el pasado de manejar y cultivar estos bosques sugieren que el carácter sostenible de su productividad y consiguiente utilidad sería superior a todas las informaciones obtenidas hasta el momento.

La obra analiza principalmente la producción de madera. Sin una ganancia económica directa a partir de la producción maderera, los demás beneficios menos tangibles del bosque se encuentran en peligro, en vista de las presiones de desarrollo provocadas por incentivos financieros más directos y atractivos. Sin embargo, los beneficios múltiples que derivan de los bosques son inseparables, de modo que la meta sería hacer que los bosques fuesen productivos para todos los propósitos. La producción forestal, entonces, según se define aquí, se refiere a *todos* los valores de los bosques; incluso los valores principalmente estéticos.

El texto enfatiza dos relaciones vitales: la primera es que la forestería es ecológica. Los manejadores de bosques deben dirigir sus empeños hacia la aceptación del hecho de que la información ecológica es fundamental para sus metas y prácticas. La separación que existe entre las dos disciplinas en otros contextos no se debe intensificar en América Tropical. La producción forestal forma parte de la ciencia forestal, no de la ecología, pero la proximidad entre las dos disciplinas es vital para ambas. La segunda relación que se enfatiza en el libro es que, en el manejo forestal productivo, el componente animal es tan esencial como el vegetal. El valor que los animales tienen para el ecosistema forestal va mucho más allá que su atractivo físico.

Las convicciones personales que subyacen en el texto incluyen las siguientes:

- La aceptación social es esencial para el éxito de la producción forestal, así como también lo es la excelencia técnica.

- Los bosques de un sólo uso no existen; la integración óptima del uso forestal es la que no maximiza un uso por encima de los otros.
- La producción económica es un prerrequisito para la conservación de los bosques.
- La producción sostenible, la meta principal de la ciencia forestal, no es más difícil técnicamente en el trópico que en cualquier otra parte del mundo.
- La productividad de los bosques tropicales será mejor servida si se tienen recursos humanos de calidad, y no solamente recursos financieros.
- La investigación forestal tropical orientada hacia el usuario no debe ser subordinada por la investigación orientada principalmente hacia otros científicos.

Como fuente de información para los estudiantes, este libro difiere de muchos otros que se escriben sobre los bosques tropicales. El énfasis de este libro se pone más en las experiencias que en las novedades. La aplicabilidad en el campo es tan importante como la información bibliográfica; por ello se citan las fuentes originales publicadas. La inclusión de información bibliográfica publicada hasta la década de 1980 no quiere decir que se omitan publicaciones posteriores valiosas.

Gran parte de la experiencia forestal tropical aparentemente aplicable es poco conocida en América Tropical. Muchos de los conocimientos esenciales se descubrieron cuando la generación actual de manejadores de bosque todavía no había nacido. Además, casi todos los descubrimientos preliminares se efectuaron en el hemisferio oriental. Las revistas de amplia distribución en aquella época eran pocas, y lo que fue publicado no se encontraba en los idiomas corrientes de la mayoría de los países de la América Tropical.

El texto cita experiencias forestales que provienen de fuentes tan distantes que parecen superfluas. También presenta una mezcla de datos experimentales y de observaciones interpretadas que no están apoyadas por los rígidos estándares científicos de hoy en día. Parte de esta mezcla es contradictoria y parece ser de carácter dudoso. El autor no ofrece justificaciones por estas contradicciones ni presenta sus propias conclusiones al respecto. El libro no es un manual definitivo de prácticas forestales; su objetivo es sugerir lo que podría tener éxito si fuese intentado. La intención es despertar

la curiosidad de los estudiantes inquisitivos, instándolos a investigar más a fondo y a confirmar o efectuar correcciones con base en sus propios descubrimientos en el campo, ya que el destino de nuestros bosques tropicales y del trópico mismo yace en los resultados de este tipo de curiosidad y en la capacidad de iluminar el contexto social que establece el nivel de manejo aceptable.

Una nota geográfica: Los datos proporcionados aquí aparecieron hace casi un siglo a través del mundo entero. Durante ese período los nombres de muchos de los países de donde derivan las fuentes han cambiado. Por lo tanto, estos se han actualizado para dar coherencia a la redacción y para facilitar a un nivel máximo su uso contemporáneo.

Capítulo 1.

La América Tropical, una Región Forestal

La América tropical (o neotrópico) es la zona del hemisferio occidental ubicada entre el Trópico de Cáncer y el Trópico de Capricornio, los paralelos de latitud donde la declinación del sol, tanto al norte como al sur, son mayores con respecto al Ecuador ($23^{\circ}27'$). El área cubre una superficie de alrededor de 16,5 millones km^2 , aproximadamente el 11% de la superficie terrestre (Anónimo 1990a, 1993a).

A nivel mundial, las regiones tropicales se distribuyen de manera parecida entre el trópico ecuatorial (entre $11^{\circ}43'N$ y $11^{\circ}43'S$) y el trópico exterior. En el hemisferio occidental se encuentra menos de la tercera parte del total de las regiones tropicales. El 70% de los trópicos del hemisferio occidental está en el hemisferio sur y el 61% en la región ecuatorial (Fig. 1-1; Cuadro 1-1; Baumgartner y Reichel 1975). Los bosques de fisonomía tropical se extienden más allá de la zona conocida como neotrópico, llegando hasta el norte de México y el sur de Florida, y al sudeste de Brasil y nordeste de Argentina (Baur 1964b).

En este capítulo se describen los bosques tropicales, el clima y la fisiografía de la región neotropical. Antes de analizar la clasificación climática de los bosques, se analizan las condiciones climáticas y características regionales. En la sección de fisiología, se describen las fuentes geológicas de la fisiografía actual y las características de las clasificaciones principales del suelo. La descripción del bosque comienza con la génesis de los bosques, su extensión y ubicación actual y clasificaciones. El capítulo acaba con una descripción de los grandes bosques amazónicos, manglares y cerrados.

El clima

El trópico climático abarca una franja de tamaño variable a cada lado del ecuador climático, una línea que une puntos relativamente uniformes en cuanto a humedad y temperatura. El ecuador climático se desvía del ecuador geográfico debido a la falta de uniformidad en la distribución de masas terrestres, océanos e influencias orográficas. Ciertas condiciones climáticas tropicales, algunas veces llamadas “subtropicales”, en ocasiones se extienden fuera de la zona geográfica tropical mediante sistemas de ciclones.

El clima es la fuerza principal que afecta la distribución natural de la vegetación. Por consiguiente, las similitudes o diferencias climáticas constituyen puntos claves que explican, no sólo el grado de variación de la productividad forestal de un sitio a otro, sino también la

probabilidad de que los resultados alcanzados en un sitio puedan ser replicados en otro. La descripción del clima neotropical que se da a continuación proviene de los trabajos efectuados por Trewartha (1968).

La radiación solar. La energía solar constituye el principal factor determinante del clima. Cada día, la América tropical recibe el sol directa y verticalmente en alguna parte de su extensión. El 30% de la radiación recibida en el borde superior de la atmósfera terrestre sobre el trópico se pierde por reflexión, principalmente debido a las nubes (Fig. 1-2; Gentilli 1968, citado por Trewartha 1968). La atmósfera absorbe casi el 30% de la radiación no reflejada; la cantidad perdida de este modo es mínima cuando el sol está directamente perpendicular a la tierra y máxima, cuando el sol penetra la atmósfera en un ángulo más agudo. La radiación angular también es menos efectiva porque se difunde en un área más grande de la superficie terrestre. Estas pérdidas son mayores a medida que el día se va acortando y la distancia latitudinal con respecto a la posición del sol aumenta. Los niveles de insolación diaria de la superficie terrestre en junio y diciembre se indican en el Cuadro 1-2 y en las Figs. 1-3 y 1-4.

La radiación solar sobre la superficie terrestre en los trópicos exteriores es mayor que en el trópico ecuatorial debido a la presencia de una mayor cantidad de nubes cerca del ecuador. La radiación a los 10° de latitud es 6% mayor que en el ecuador; a los 20° de latitud es casi 10% mayor (Budyko 1962, Trewartha 1968). Por ejemplo, la Amazonia en el ecuador recibe menos de 120 k/cal/cm^2 de radiación solar por día, mientras que la zona oriental del Sahara, a 20° de latitud norte, recibe más de 220 k/cal/cm^2 .

La capacidad reflectora de la superficie terrestre, o “albedo”, varía con las características que presente. En la zona de las pampas suele ser de 15 a 30%; a nivel del suelo desnudo varía de 7 a 20%, y en los bosques de 3 a 10% (Trewartha 1968).

Si el período anual de crecimiento vegetativo en el trópico fuese tan largo como el de la zona templada, el trópico tendría una desventaja con respecto al potencial de fotosíntesis (Best 1962), porque las horas-luz en el verano son considerablemente menos en el trópico que en la zona templada. La relación de la radiación media diaria entre el trópico y la zona templada es de aproximadamente 1:1,5 (Best 1962). Además, usualmente en los trópicos sólo hay suficiente auga

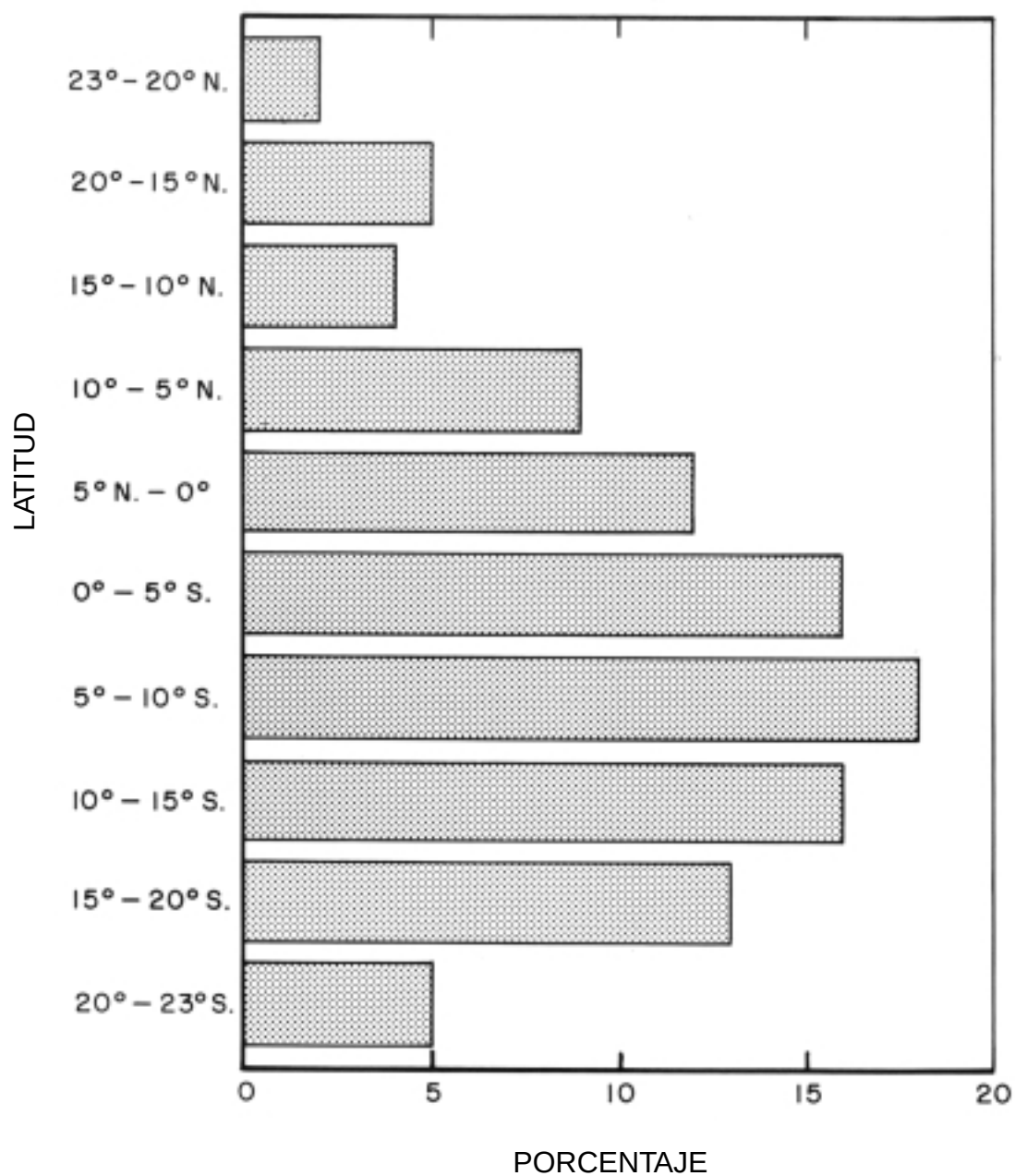


Fig. 1-1.—Porcentaje de tierra a diferentes latitudes en el neotrópico (Baumgartner y Reichel 1975)

Cuadro 1.1—Áreas tropicales externas e internas

Ubicación (latitud)	Regiones Tropicales (%)
Región intra-tropical (trópico ecuatorial) (0° to 11° 43')	
Norte	22
Sur	39
Región extra-tropical (11° 43' to 23° 27')	
Norte	10
Sur	29
Total	100

Fuente: Baumgartner y Reichel 1975

disponible para cultivar durante la estación del monzón; en esta época la radiación es menor que en la estación de crecimiento de los cultivos en la zona templada.

La temperatura. Las temperaturas normales en el neotrópico varían poco entre el verano y el invierno (Fig. 1-5). Más de la mitad de la superficie terrestre de la región tiene una temperatura promedio de más de 25°C en el verano, y menos de una quinta parte de la región tiene temperaturas inferiores a los 15°C todo el año (Anón. 1975b, 1979b).

La proximidad al mar produce climas marítimos en algunas partes del trópico americano. Como la turbulencia provoca un calentamiento y enfriamiento lentos de la superficie del agua, el clima de las islas oceánicas y de las costas expuestas es relativamente uniforme. La variación en temperatura entre el día y la noche en las superficies oceánicas probablemente no es de más de 1°C. Las zonas continentales lejos del mar sufren variaciones diarias y estacionales más marcadas. Webb y otros (1980), al analizar los datos de 319 estaciones meteorológicas en América tropical y sub-tropical, descubrieron que por debajo de los 1000 m de altitud, el régimen de descenso de la temperatura es de 1°C por cada 278 m de altitud, mientras que entre 2000 y 3000 m, el cambio de 1°C ocurre cada 189 m. Según los autores, el régimen de descenso decrece al aumentar la distancia con respecto al ecuador. A los 0° de latitud, un aumento de 204 m de altitud reduce la temperatura en 1°C, mientras que a 25°N se necesita un cambio de 276 m de altitud para reducir la temperatura en 1°C. Estos descubrimientos se resumen en el Cuadro 1-3; algunos ejemplos se presentan en el Cuadro 1-4.

Aproximadamente toda la región está libre de heladas. Las excepciones principales son: la Sierra Madre de México, los parajes más altos de los Andes y el sur de Brasil.

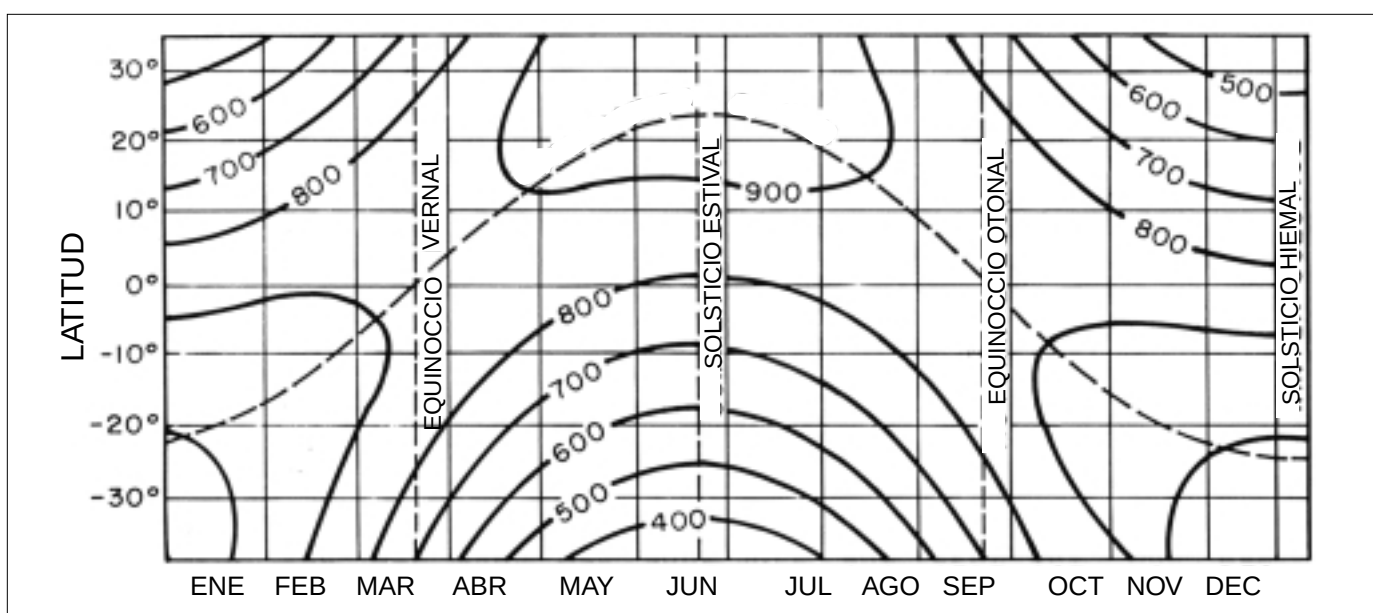


Fig. 1-2.—Radiación solar media en la superficie terrestre, según influencia de la estación y la latitud en los trópicos (Gentilli 1968)

Cuadro 1.2—Pérdidas diarias de insolación en la superficie de la tierra de junio a diciembre, por tipo de pérdida y latitud			
Tipo de pérdida e insolación resultante	Ecuador	Trópico de Cáncer	Trópico de Capricornio
Equinoccio (junio - el sol sobre el ecuador)			
Pérdida debido a la angularidad	0	8	8
Pérdida a través de la atmósfera	39	39	39
Efecto del largo del día	0	0	0
Insolación resultante de la superficie	61	53	53
Solsticio del hemisferio norte (diciembre — el sol a 23°27'N)			
Pérdida debido a la angularidad	8	0	33
Pérdida a través de la atmósfera	39	39	33
Efecto del largo del día	0	49	-4
Insolación resultante de la superficie	53	70	30
Fuente: Gentilli 1968			

El viento. En el trópico, los vientos varían con la estación. Generalmente, los vientos superficiales provienen del este. Durante todo el año, los vientos neotropicales soplan del nordeste en el hemisferio norte y del sudeste en el hemisferio sur. Los vientos alisios son más fuertes cerca de los 10° de latitud N y S (Fig. 1-6). Sin embargo, existen muchas excepciones a la uniformidad estacional de la dirección de los vientos, y mucho queda por aprender sobre el movimiento del viento tropical. Los vientos provenientes del oeste no son raros, así como las calmas ecuatoriales y vientos ligeros variables producidos por la zona de convergencia de los vientos alisios del este del hemisferio norte y sur. El clima de esta región es extremadamente localizado.

El litoral está sujeto a brisas terrestres y marinas que surgen por el movimiento hacia el mar del aire que se ha enfriado por la radiación nocturna, más rápida sobre la tierra que sobre el mar. Durante el día ocurre lo contrario; el aire avanza tierra adentro al ascender más rápidamente el aire que se ha calentado sobre la tierra. Estas brisas marinas pueden alcanzar intensidad de tormentas y son particularmente fuertes en los litorales secos tropicales, adyacentes a las corrientes oceánicas frías. Vientos similares, diurnos y nocturnos, ocurren en las montañas y los valles debido a estas diferencias de temperaturas.

Todos los años la región neotropical sufre el azote de ciclones o huracanes violentos. Generalmente provienen del este o sudeste, atravesando el mar Caribe en su parte norte, y afectando las Indias Occidentales y el litoral Atlántico de Centroamérica y México. Los huracanes tropicales también suelen alcanzar el litoral occidental de Centroamérica y México desde el Océano Pacífico, penetrando a la costa desde el noroeste. Estos huracanes desarrollan velocidades de 250 km/h o más. De forma más o menos circular, pueden alcanzar 600 km de diámetro y afectar una misma región durante varios días. Estas tormentas pueden ser acompañadas por precipitaciones de un metro o mayores.

Humedad. En el trópico en general, cuanto más cerca se está del ecuador, mayor es la nubosidad. El promedio mundial para las latitudes de 0° a 10° es de 52 a 56% (Brooks y Hunt 1930). La cobertura nubosa es de 40 a 46% entre 10° y 20° y declina de 34 y 38% entre 20° y 30°.

La precipitación en la región resulta de la convección ocasionada por el aire que se enfría al elevarse sobre la superficie terrestre caliente; o bien, es de carácter orográfico causada, al menos en parte, por el efecto de las dislocaciones ascendentes de las cordilleras. La generación de la precipitación orográfica se ilustra en la Fig. 1-7.

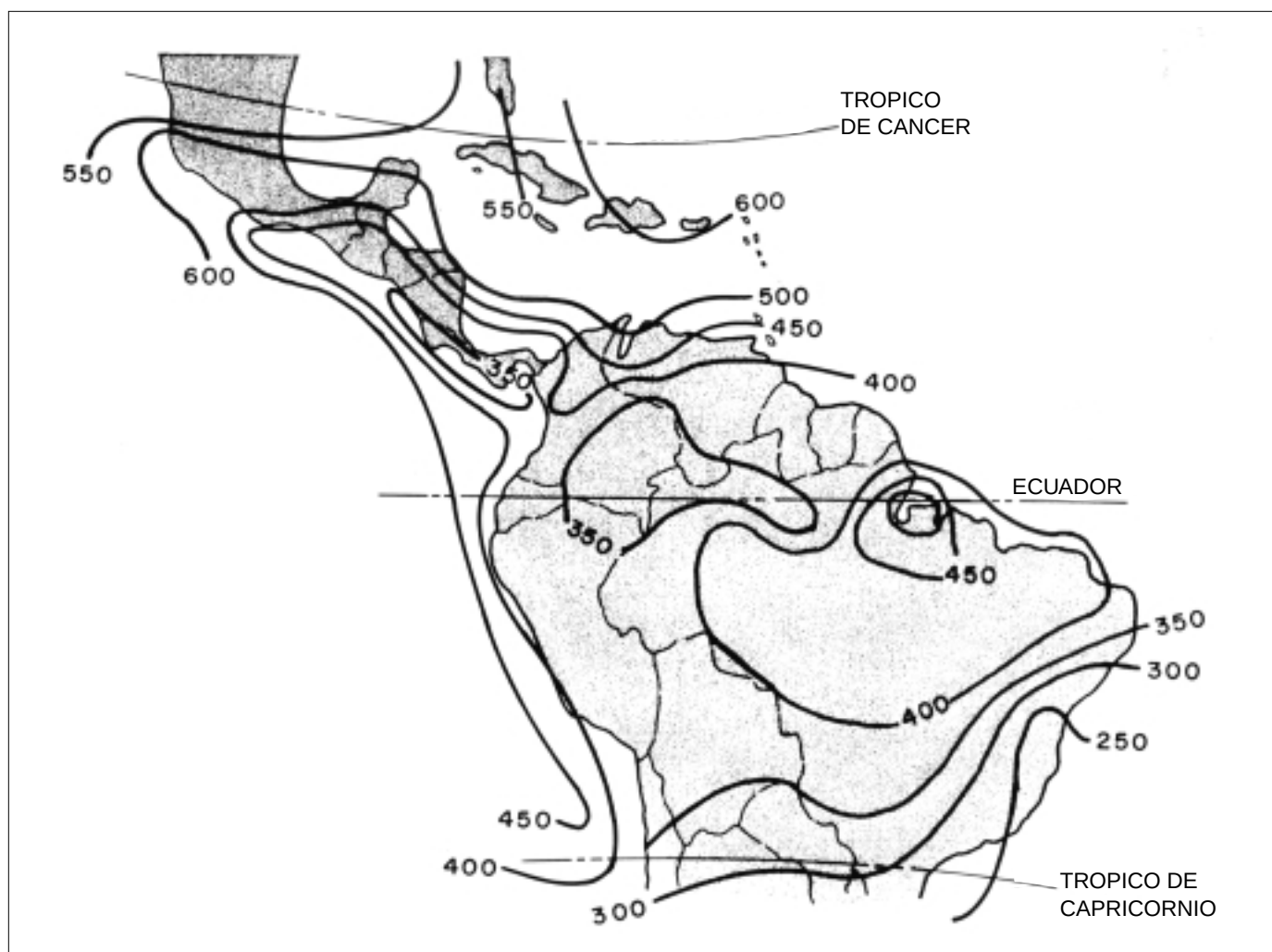


Fig. 1-3.—Radiación solar media diaria (calorías/cm²) recibida en la superficie terrestre en el mes de junio (Landsberg 1961)

La mayor parte del trópico se caracteriza por presentar estaciones lluviosas. Por lo general, estas son provocadas por el aire inestable del frente inter-tropical, una zona de convergencia entre células permanentes de aire húmedo ecuatorial en cada hemisferio. Esta zona se desplaza de norte a sur a lo largo del año y generalmente se localiza en el hemisferio que se encuentra en verano (Figs. 1-8, 1-9). El dicho de que la lluvia “viene después del sol” está muy bien ilustrado por el diagrama de Martonne (Fig. 1-10).

El promedio de precipitación anual para todas las regiones tropicales del mundo varía por latitud (Brooks y Hunt 1930, Meinardus 1934). Estas cantidades resultan generalmente más bajas que las del neotrópico

propriadamente, ya que grandes zonas tropicales del hemisferio oriental permanecen relativamente sin lluvia. La precipitación sobre los océanos es mucho mayor en el trópico ecuatorial, donde la elevación a gran escala del aire húmedo y caliente es de gran importancia climática.

El promedio de precipitación anual sobre la región fluctúa de menos de 40 cm en zonas aisladas hasta más de 320 cm (Figs. 1-11, 1-12; Anón. 1975f, 1979f); alrededor del 70% de la zona recibe de 160 a 320 cm/año. Una precipitación mensual de menos de 10 cm causa un retardo en la actividad biológica de muchas plantas. Gran parte de la América tropical recibe menos de 10 cm de precipitación durante parte del año: entre

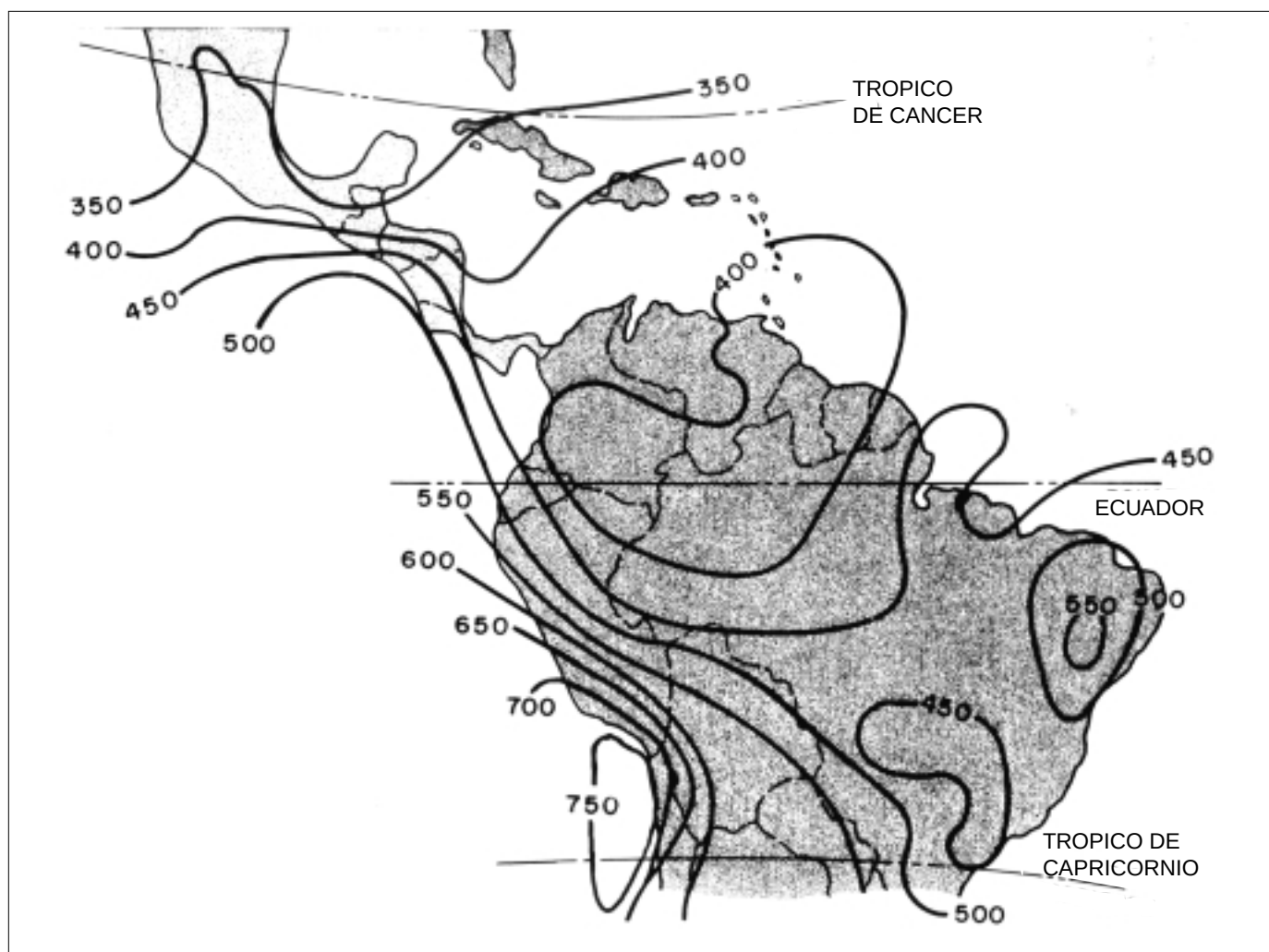


Fig. 1-4.—Radiación solar media diaria (calorías/cm²) recibida en la superficie terrestre en el mes de diciembre (Landsberg 1961)

diciembre y abril al norte del ecuador y entre mayo y setiembre al sur del ecuador. Cerca del 64% de la región registra meses secos con menos de 5 cm de precipitación (Anón. 1975a, 1979g).

La precipitación en la región puede variar mucho de un año a otro; especialmente en los climas secos del noroeste de México, nordeste de Brasil, el litoral del Perú, el oeste de Bolivia y el norte de Chile. En estas zonas, la precipitación anual en cualquier año, puede variar un 40% por encima o por debajo del promedio. En el resto del neotrópico esta variación es de 10 a 20% (Biel 1968). El patrón de lluvias estacionales (Fig. 1-13) tiene un efecto considerable sobre el tipo de vegetación

forestal encontrada y la adaptación de las especies de árboles individuales a las distintas regiones.

La capacidad de evaporación del aire es proporcional al déficit de saturación atmosférica, el cual es una medida de los grados por debajo del punto de saturación en que se encuentra la presión de vapor. La humedad relativa se usa más comúnmente para ese propósito; esta es una medida del porcentaje de presión de vapor en el aire. En realidad, tanto el déficit de saturación como la presión de vapor constituyen mejores índices que la humedad relativa para medir el estrés sufrido por las plantas a causa de la humedad, porque toman en cuenta la temperatura y la presión actual (Longman y Jenik 1974).

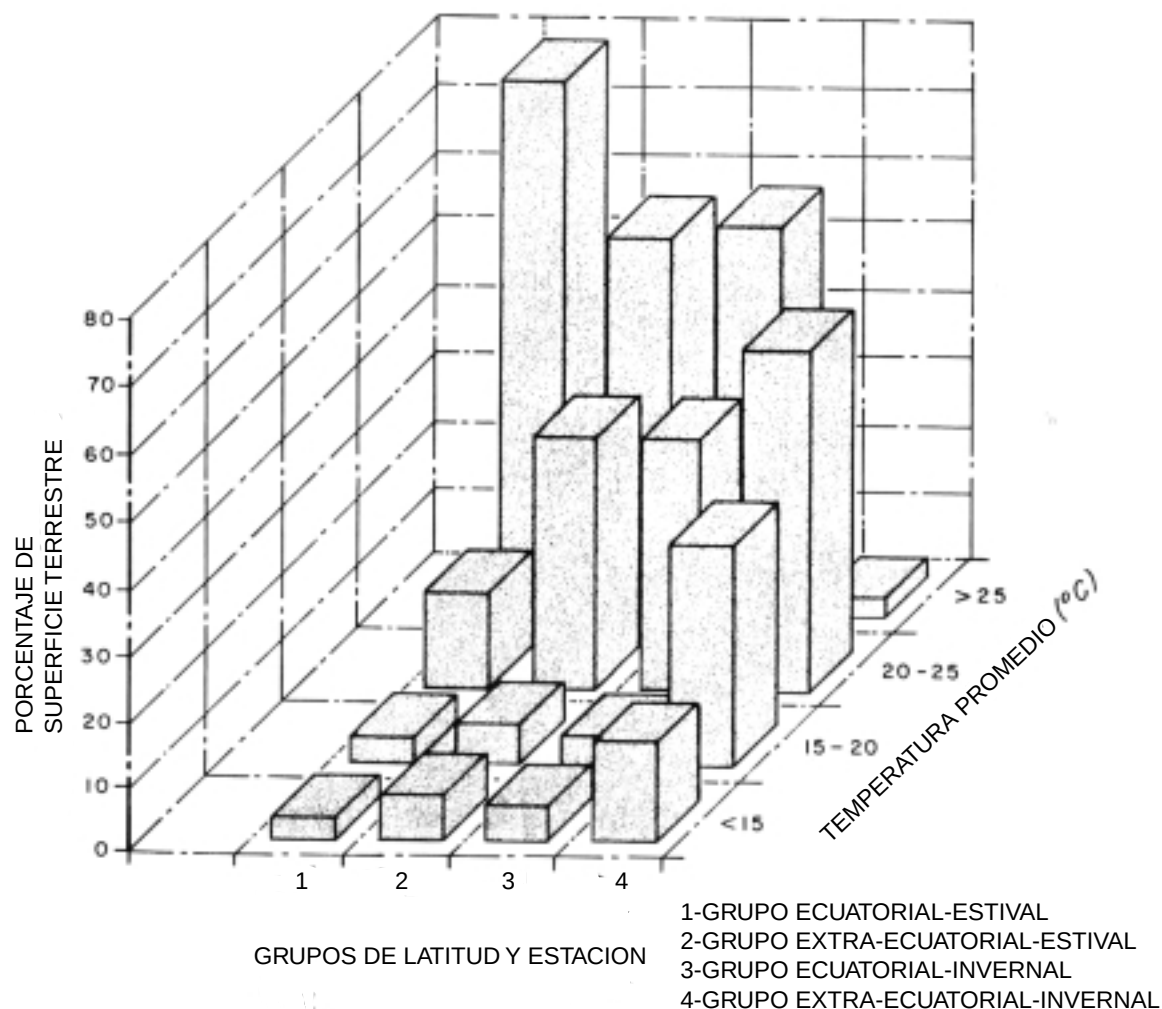


Fig. 1-5.—Área de terreno en América tropical, según latitud y temperatura media (Anón. 1975b, 1979b)

En el trópico húmedo, la humedad relativa puede descender hasta 70% al mediodía en el dosel del bosque, pero en la superficie del suelo excede el 90%; de noche, la humedad excede el 95%, generalmente (Longman y Jenik 1974). Los valores medios en un período de veinticuatro horas varían del 70 al 85%.

Probablemente, más de la mitad de la evaporación de la tierra ocurre en el trópico (Trewartha 1968). La evaporación decrece levemente en el ecuador debido a la espesura de las nubes. El potencial de evaporación -o

sea, la evaporación que ocurriría si la cantidad de agua no tuviera límite- promedia 120 cm/año entre 0° y 10° de latitud y entre 130 y 140 cm/año entre 10° y 20° de latitud (Schwerdtfeger 1976).

Características climáticas regionales. La América tropical se caracteriza por distintos elementos climáticos sub-regionales cuyas descripciones aparecen en el Apéndice A y se derivan en su mayor parte de Garbell (1947) y Schwerdtfeger (1976).

Cuadro 1.3—Temperatura media en relación con la altitud y la latitud (°C)

Altitud (m)	Latitud		
	20° N.	0°	20° S.
0	25.8	27.2	23.1
1,000	22.8	23.1	19.9
2,000	17.2	18.1	16.3
3,000	10.8	12.2	12.1

Fuente: Webb y otros 1980

La clasificación de climas de importancia para la vegetación es fundamental para el reconocimiento de climas distantes pero similares, a fin de guiar la utilización del suelo y las prácticas forestales. Estas clasificaciones son particularmente útiles para interpretar hasta qué punto se pueden aplicar los resultados de las investigaciones en una región lejana. Desde mediados del siglo XIX se ha intentado clasificar el clima, principalmente por biólogos (Thornthwaite y Hare 1955); ya desde 1875, se aceptaba la idea de que los climas podían ser clasificados según tipos de vegetación. Sin embargo, hasta la fecha, no se ha logrado establecer a nivel mundial un sistema de clasificación único, y nuevas clasificaciones de carácter local continúan apareciendo.

Un registro de las principales clasificaciones de aplicación en el trópico se encuentra en el Apéndice B. Estas clasificaciones constituyen varios intentos por integrar la temperatura y la humedad en

función de su significado para la vegetación y, por lo tanto, dirigido a buscar clasificaciones más amplias. A lo sumo, estos sistemas sólo logran distinguir entre vegetación muy dispar. Otras influencias que ocasionan diferencias en la estructura de los bosques, y sobre todo, en su composición son el suelo, la topografía y el grado de aislamiento. Una mayor depuración para propósitos de manejo requiere descripciones de las asociaciones forestales y los tipos de bosques.

Fisiografía

Tres cuartas partes de las tierras neotropicales se encuentran a menos de 500 m de elevación (Fig. 1-14; Anón. 1979f). Por otro lado, casi la mitad de los terrenos en el trópico oriental se ubican a altitudes mayores de 500 m. La siguiente descripción fisiográfica deriva de los escritos de Sánchez (1976).

La característica fisiográfica más sobresaliente de la América tropical es la cordillera ubicada cerca de su extremo occidental, que atraviesa el continente de norte a sur, e incluye la Sierra Madre Oriental de México y la Cordillera Oriental de Colombia y Venezuela. Las cumbres más altas son el Popocatepetl en México (5400 m), Huila en Colombia (5800 m), Chimborazo en Ecuador (6300 m) y Huascarán en Perú (6800 m). Mesetas extensas entre 1000 y 3000 msnm caracterizan la región central de México, el sudeste de Venezuela, el sur de las Guayanas y de Brasil, a 5° de latitud sur. Por el contrario, extensas llanuras a menos de 500 m de elevación se encuentran al este de la Cordillera en la Península de Yucatán, México, en los llanos del Orinoco, Venezuela, en la cuenca del Amazonas y en la cuenca alta del río Paraguay; esta última es prolongación del Matto Grosso.

Cuadro 1.4—Cambios de la temperatura media en relación con la elevación en diferentes localidades del hemisferio occidental

Sitio	Latitud	Diferencia*		Tasa de cambio (m/°C)
		Elevación (m)	Temperatura Promedio (°C)	
Alvarado/Desierto de los Leones, México	18° N.	3,190	13.6	235
Barinas/Mucuchíes, Venezuela	9° N.	2,820	16.0	176
Cobija, Bolivia/Cerro de Pasco, Perú	11° S.	4,200	17.8	236
Chaco Misiones, Paraguay/ La Quiaca, Argentina	20–22° S.	3,340	14.7	227

Fuente: Webb y otros 1980

*Diferencia en elevación y temperatura media entre los dos sitios de la primera columna



Fig. 1-6.—*Los vientos del Este prevalecientes en la región moldean el dosel de este centinela cerca de la costa de la isla de Santa Lucía*

Las elevaciones en las islas de las Indias Occidentales van desde extensos llanos en el centro de Cuba hasta zonas montañosas en el este de Cuba (2000 m), Jamaica (2300 m) y La Española (3200 m). Las Antillas Menores son casi todas montañosas con muchas cimas de más de 1000 m.

Las montañas de la Cordillera se elevaron a fines del período Cretáceo (hace 65 a 135 millones de años) y han estado sometidas a modificaciones subsiguientes, incluyendo tres probables períodos de vulcanismo. Las cimas de la meseta mexicana (Popocatepetl, Ixtaccihuatl,

etc.) surgieron durante el Mioceno (hace 10 a 25 millones de años), época en que el vulcanismo afectó a todo México. En el Plioceno recomenzó la actividad volcánica en esta zona y se inició en América Central (hace 600 000 a 10 millones de años), continuando hasta el presente. Los depósitos marinos en la Península de Yucatán son de la época del Pleistoceno (de 12 000 a 600 000 años atrás).

La mayor parte de México occidental, las zonas montañosas de Centroamérica y las partes centrales de La Española y Puerto Rico han estado por encima del nivel del mar a partir del período Cretáceo (Schuchert 1935). Durante el Pleistoceno, tanto Cuba como Yucatán estuvieron sumergidas. Las Antillas Menores centrales, cuyos volcanes son los más activos actualmente, quizás hayan aparecido en el Mioceno; pero las islas al norte y al sur se originaron durante el Plioceno y Pleistoceno. En la parte norte de los Andes, el Plioceno constituyó una época de vastas erupciones volcánicas y de construcción de montañas. Las mesetas al norte y al sur del bajo Amazonas son de origen Mesozoico (hace 65 a 230 millones de años) o Paleozoico (280 a 600 millones de años) y constituyen el relieve más antiguo de la región (Schuchert 1935). Los llanos extensos de Sudamérica son depósitos del Terciario o Cuaternario, formados en los últimos 65 millones de años.

Con ciertas excepciones locales, las condiciones húmedas y la productividad agrícola limitada han propiciado la permanencia de extensos bosques en las laderas empinadas de las tierras altas. En el otro extremo,

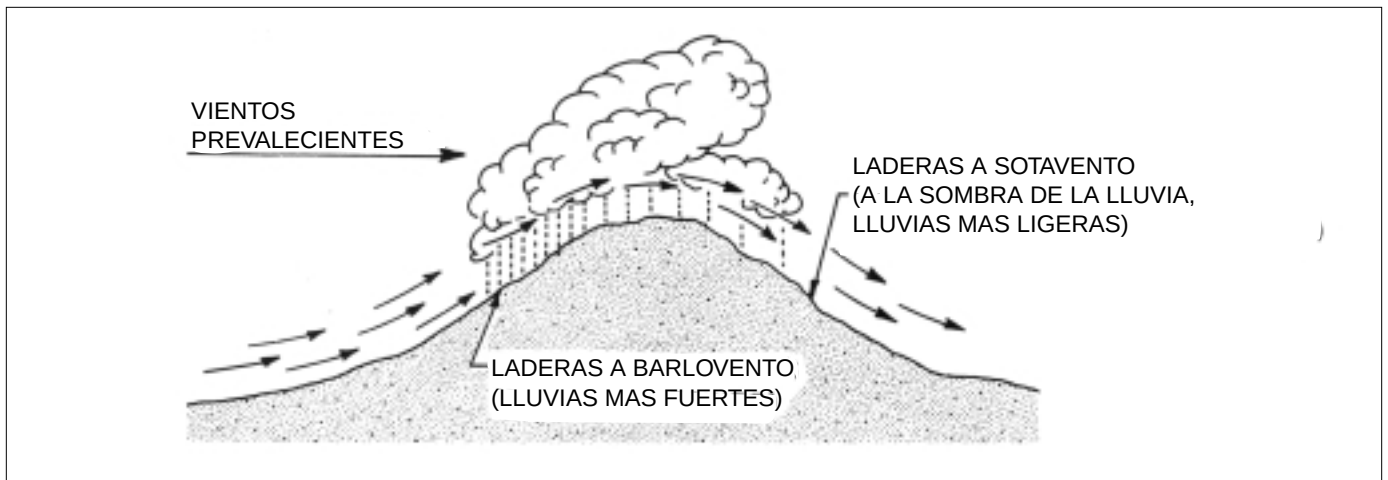


Fig. 1-7.—*La cantidad de lluvia que cae en las laderas a barlovento contrastan con las de sotavento (Beard 1949)*

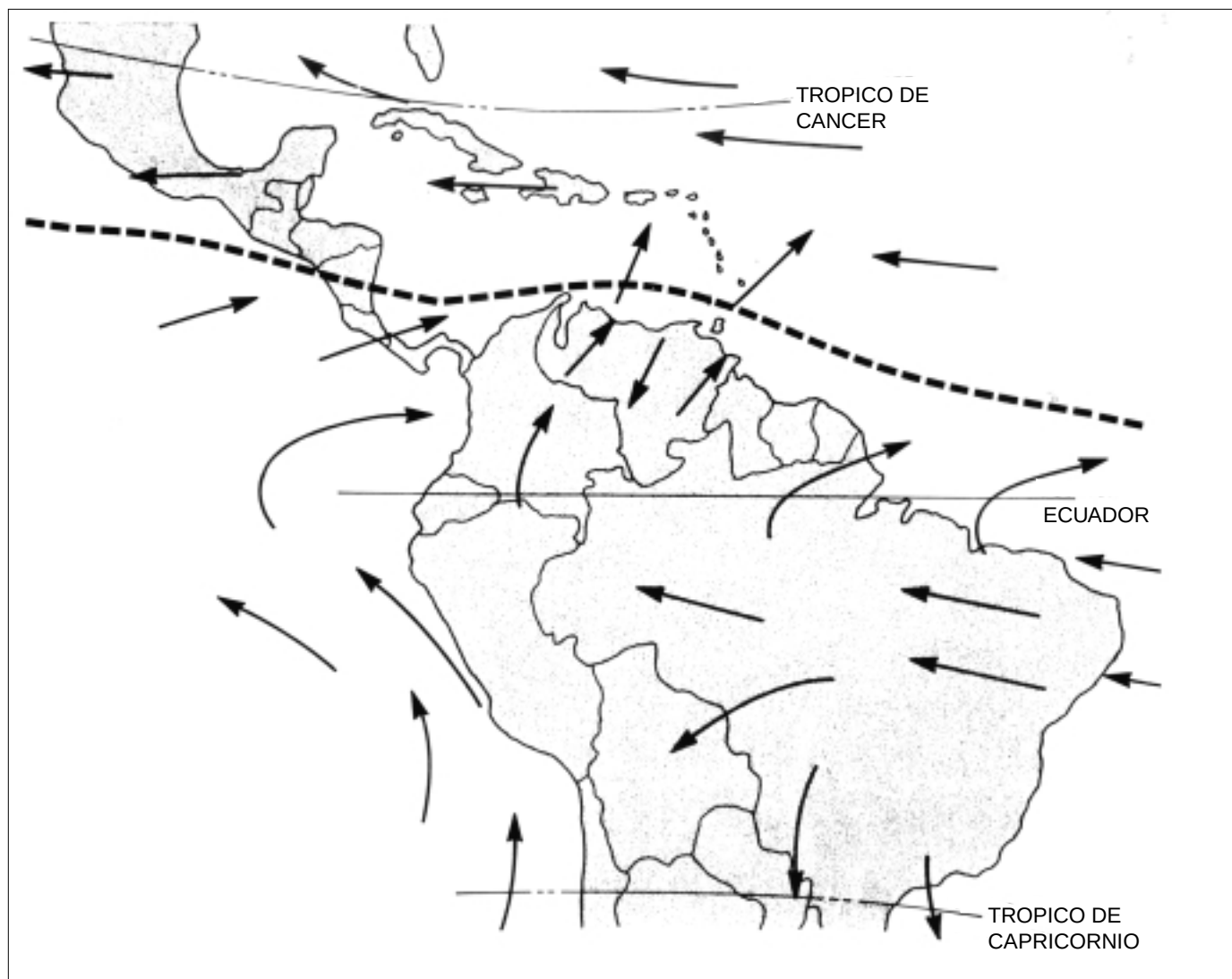


Fig. 1-8.—Patrón de viento superficial durante el solsticio del hemisferio norte; la línea discontinua señala la zona de convergencia (Garbell 1947)

debido a obstáculos similares para la producción agrícola, también quedan grandes bosques en los llanos extensos de la Península de Yucatán, los llanos del litoral de Centroamérica y de la cuenca del Amazonas.

En general, no hay resúmenes sobre la topografía de la región. Sin embargo, un estudio (Cochrane y Sánchez 1981) preparado para la Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuaria (EMBRAPA) que abarca los llanos centrales de Sudamérica tropical, muestra las relaciones que se presentan en el Cuadro 1-5.

Los suelos

Los datos que se presentan provienen en su mayoría de las descripciones de la formación, clasificación y propiedades de los suelos de los trópicos proporcionadas por Mohr (1944), Sánchez (1976) y Young (1976).

Formación. Siete factores afectan la formación de los suelos de forma significativa: el clima, el material de partida, el relieve, el drenaje, los organismos, el tiempo y las actividades humanas (Young 1976). La profundidad del perfil, el carácter pedregoso y la textura afectan las propiedades de los suelos durante su formación. El clima ayuda a determinar el componente orgánico, la reacción

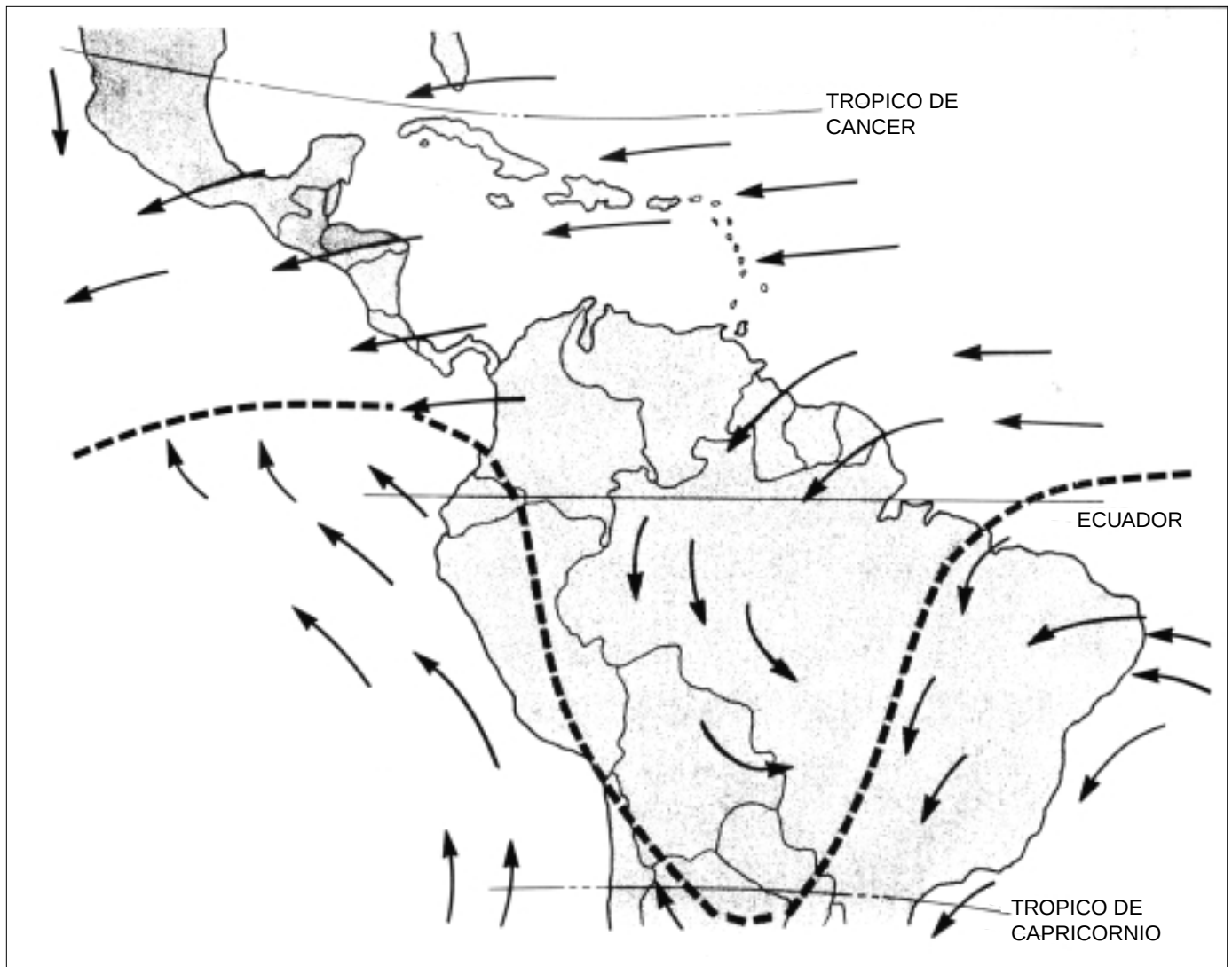


Fig. 1-9.—Patrón de viento superficial durante el solsticio del hemisferio sur; la línea discontinua señala la zona de convergencia (Garbell 1947)

y la saturación de las bases; el material de partida influye en la textura del suelo; el relieve influye en la profundidad del suelo y en la pedregosidad.

Por ser un sistema simple, Young usa el sistema de clasificación climática de Koeppen (1936) para establecer las relaciones del suelo; para ello, contrasta los procesos de formación del suelo en distintos climas. En el bosque húmedo (Afl de Koeppen), la meteorización es intensa; todos los minerales se descomponen, a excepción del cuarzo. La lixiviación a lo largo del año produce suelos ácidos con una pobre saturación de bases. Las estaciones secas de hasta tres meses de

duración no causan retrasos significativos en estos procesos.

En la zona de transición bosque húmedo a sabana (Am), la lixiviación es menos intensa; por lo tanto, la acidez es menor y la saturación de bases es mayor (contenido de calcio [Ca], magnesio [Mg], potasio [K], o sodio [Na]). Los suelos de la sabana húmeda (Aw) son lixiviados, pero se pueden secar hasta alcanzar el punto de marchitez a una profundidad de más de un metro. La acidez fluctúa entre pH 5,0 y 6,0, y la saturación de bases varía de 40 a 60%. En la sabana seca (Cwa), donde la precipitación se concentra en un período de

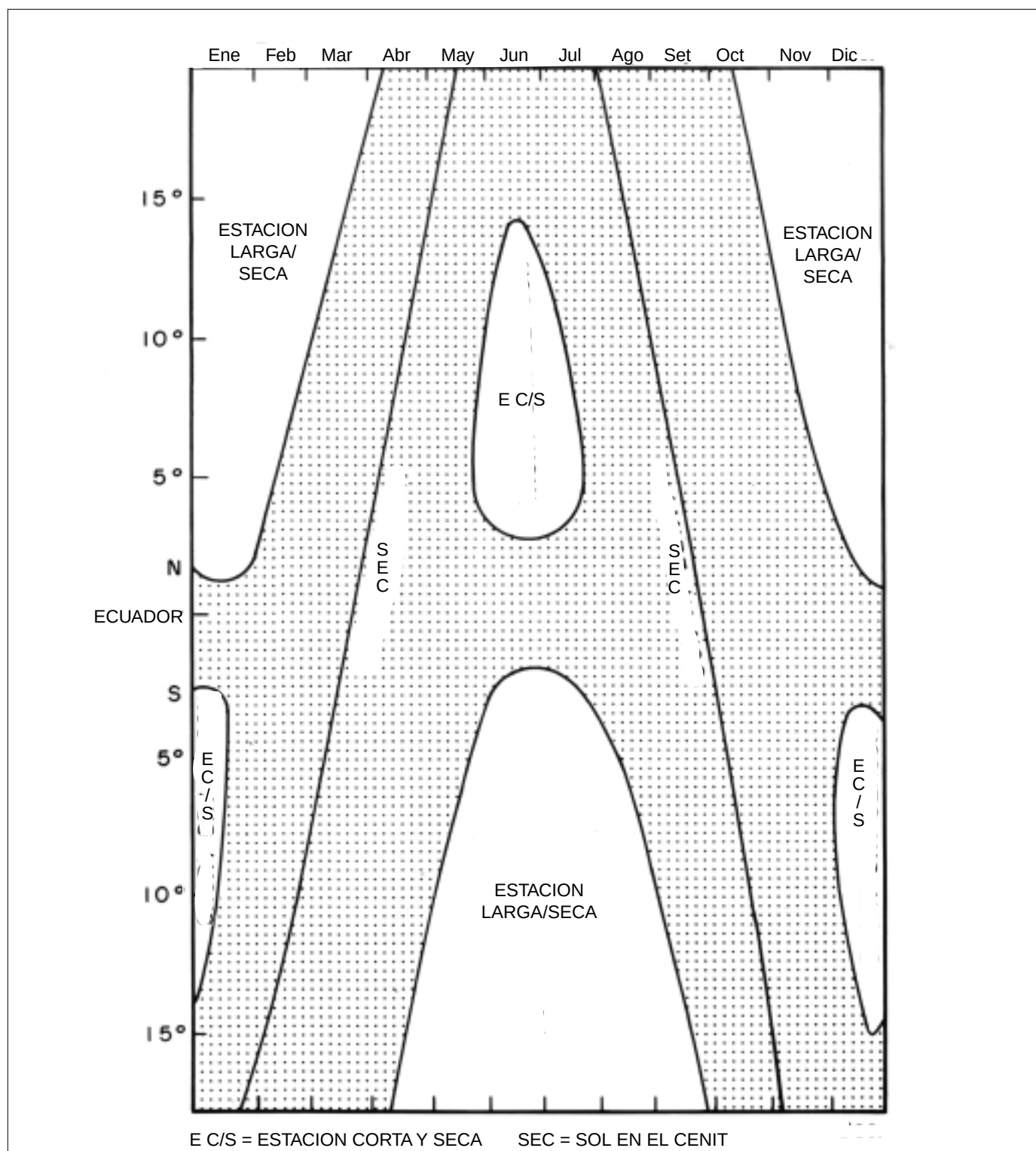


Fig. 1-10.—Estaciones seca y húmeda en los trópicos en relación con la latitud (adaptado de E. De Martonne, citado por Richards 1952)

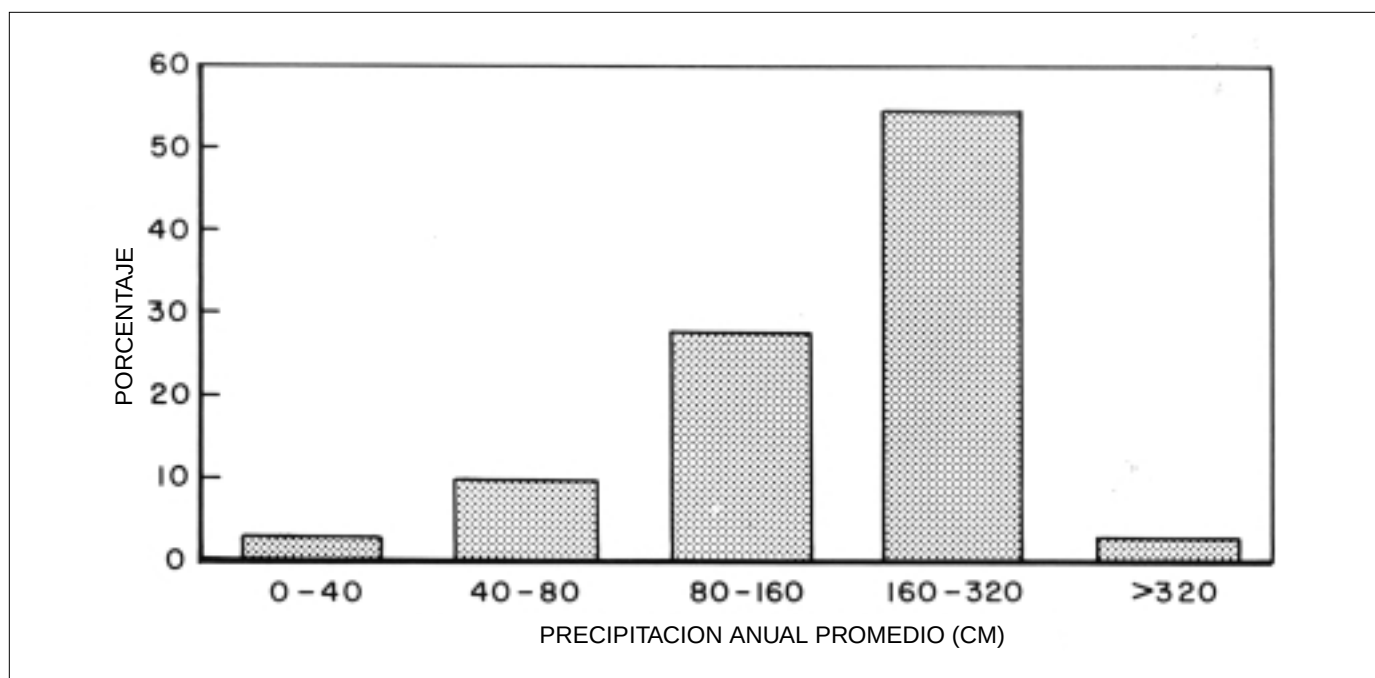


Fig. 1-11.—Porcentajes de terrenos neotropicales por niveles de precipitación (Anón. 1975h, 1979f)

cinco meses, el punto de marchitez puede alcanzar una profundidad de 2 m. La saturación de bases sube hasta 60 - 90%; abundan tanto los suelos fértiles como infértiles.

En los climas semiáridos, donde la precipitación media anual es menos de 60 cm, el carbonato de calcio no se lixivia y se acumula en los horizontes más bajos del suelo; es probable que se desarrolle una capa superficial de humus. Los litosoles son comunes en las laderas y los suelos salinos son comunes en los sitios más bajos.

En zonas subtropicales con elevaciones entre 900 y 1600 m (como en África Central), los suelos son latosoles con un mantillo de humus. A mayores elevaciones el contenido de materia orgánica aumenta considerablemente. En zonas subtropicales húmedas adyacentes a los trópicos son comunes los suelos podsólicos lixiviados rojos y amarillentos.

La formación de suelos en los trópicos está principalmente relacionada con el agua: cantidad, cambio y movimiento en el suelo. Gran parte de la meteorización y la lixiviación de los suelos tropicales proviene de la combinación de humedad y altas temperaturas.

El agua de lluvia disuelve el dióxido de carbono de la atmósfera, convirtiéndose en una débil solución de ácido carbónico antes que llegue a la tierra. Su acidez aumenta al entrar en contacto con el dióxido de carbono que hay en el aire del suelo, e incorpora sustancias orgánicas en la solución. A medida que la acidez del suelo aumenta, la solución del suelo se torna en un agente de lixiviación aún más poderoso. Las condiciones típicas del suelo de los trópicos descritas a continuación fueron adaptadas de Young (1976).

- *Bosque húmedo de tierras bajas con drenaje libre.* Flujo de agua descendente y rápido durante todo el año. Tasas altas de meteorización y lixiviación.
- *Bosque húmedo de tierras bajas con drenaje impedido.* Condiciones húmedas todo el año. Flujo lateral y generalmente descendente por debajo de la superficie. Estas condiciones propician la reducción, a excepción de la oxidación intermitente en la superficie.
- *Sabana con drenaje libre.* Condiciones húmedas durante la estación de lluvias con flujo de agua descendente. Condiciones estáticas a comienzos de la estación seca, tornándose secas a 1-2 m de

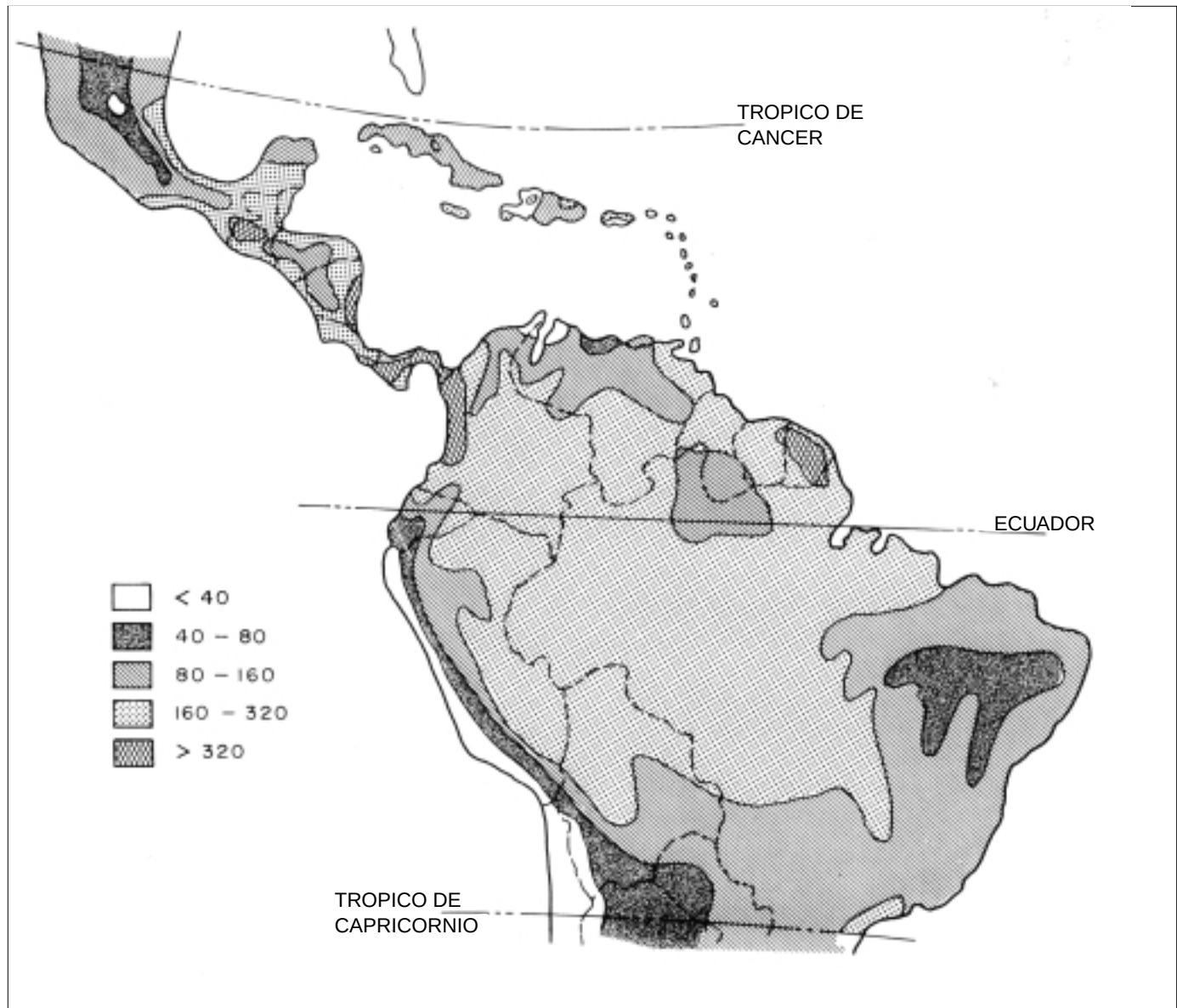


Fig. 1-12.—Precipitación media anual (cm) en el neotrópico (Anón. 1975h, 1979f)

profundidad, a finales de la estación seca. La meteorización de la roca madre es rápida, pero disminuye durante la época seca. La lixiviación de la época lluviosa se sustituye con la precipitación de sustancias disueltas durante la época seca.

- *Sabana con manto freático alto.* Condiciones húmedas durante la época lluviosa y a gran profundidad durante todo el año. Alternancia humedad/sequía en los horizontes superiores. Existe reducción durante la estación lluviosa, que se alterna

con precipitación de sustancias disueltas durante la época seca.

Las tasas absolutas de formación de suelos son poco conocidas. Tanto el proceso de meteorización como el desarrollo de perfiles inciden en ello; siendo el último un proceso más rápido que el primero. Young (1969) estimó que generalmente se requieren 20 000 años de meteorización para producir 1 m de regolito (material no consolidado sobre la roca madre); en los trópicos, sin embargo, este proceso puede tomar 100 años o menos.

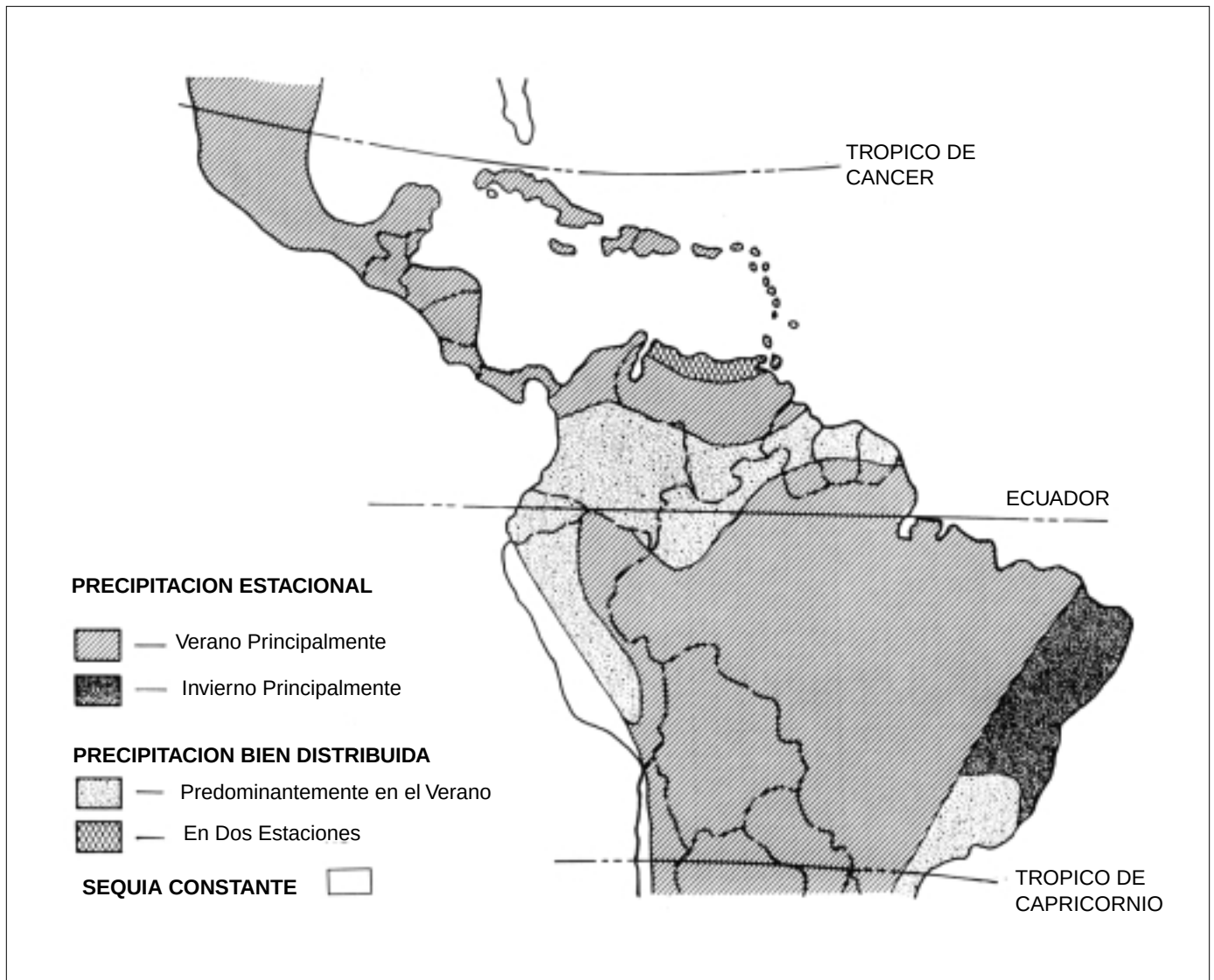


Fig. 1-13.—Patrones de lluvias estacionales en el neotrópico (Biel 1968)

El material parental. Los suelos minerales se originan de las tres clases de rocas: ígneas, sedimentarias y metamórficas. Las rocas ígneas se solidificaron a partir del estado líquido; las rocas sedimentarias se desarrollaron a partir de materiales transportados y depositados por el agua o el aire, y las metamórficas generalmente son de origen ígneo, pero que han sido sometidas prolongadamente a una presión y temperatura tan altas que sus características han sido alteradas.

Las rocas ígneas que se han solidificado en la profundidad de la tierra son plutónicas; las que se han solidificado camino a la superficie son intrusivas, y las

que se han solidificado después de haber alcanzado la superficie son volcánicas. Debido a que todas las rocas ígneas pueden surgir del mismo magma (roca fundida), su composición es generalmente similar: cuarzo (SiO_2) y feldespato (SiO_2 , Al_2O_3 , y K_2O o Na_2O). El cuarzo resiste la meteorización al igual que el feldespato rico en SiO_2 .

Las rocas sedimentarias difieren en el tamaño de sus partículas desde arena gruesa a arcilla fina, y en los materiales que las componen desde calcáreos a volcánicos. La metamorfosis puede producir una variedad de nuevos minerales. Con base en el material parental del suelo, Young distingue entre rocas cristalinas

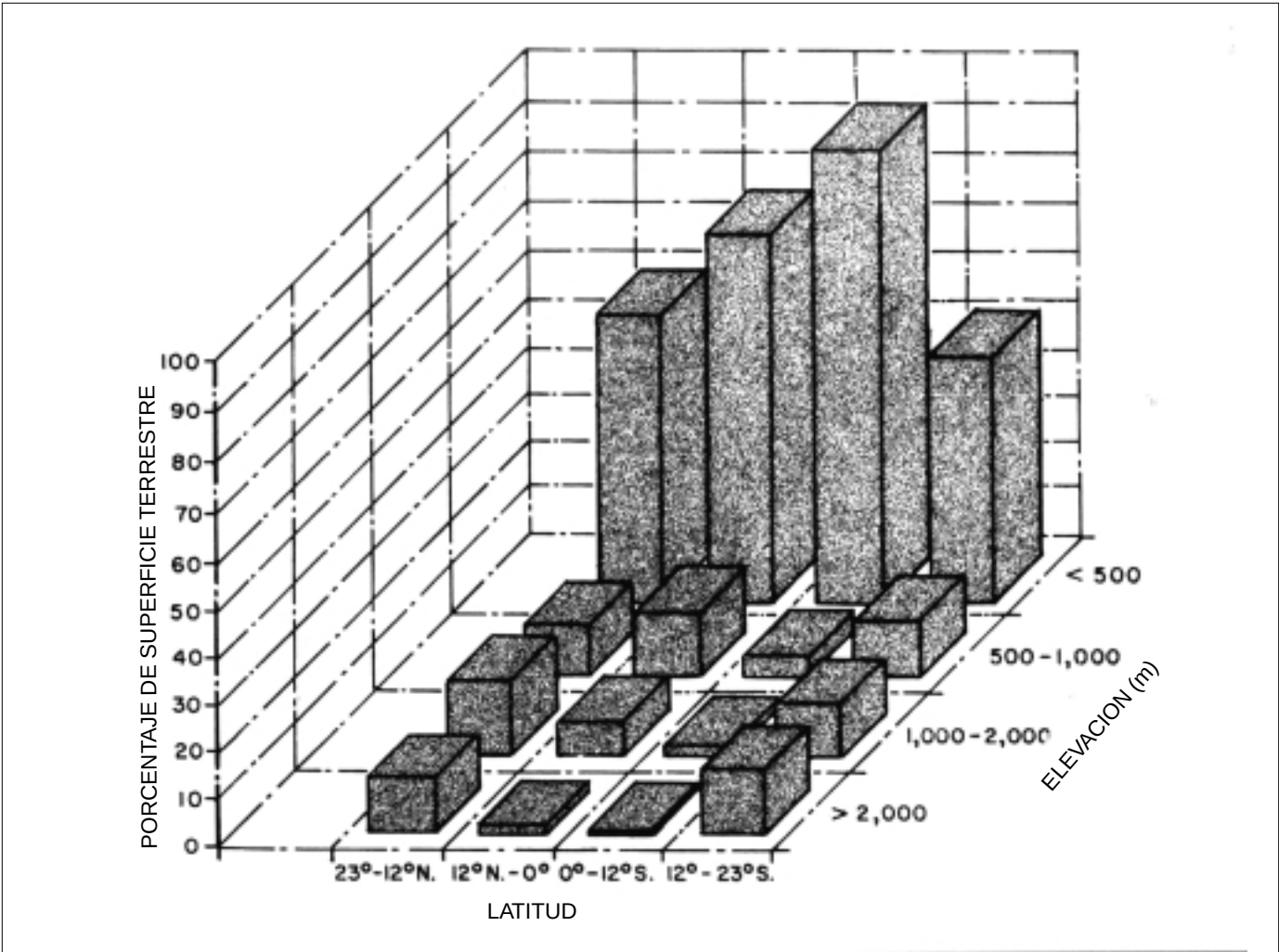


Fig. 1-14.—Porcentaje de terrenos neotropicales por latitud y elevación (Anón. 1979b)

y sedimentarias y materiales no consolidados. Las rocas ígneas y metamórficas de composición similar constituyen un solo grupo porque no existe una diferencia clara en cuanto a su efecto sobre la pedogénesis.

La lluvia y la composición de las rocas son las dos principales causas de diferenciación del suelo de los trópicos. La variable principal en la composición del material parental es el sílice: las rocas félsicas contienen un 66% o más, las rocas intermedias contienen entre 55 y 66% y las rocas básicas, menos del 55%. La composición de las rocas determina cuáles productos se integran a la solución del suelo por meteorización.

Cuadro 1.5—Topografía de la región tropical de América del Sur

Tipo topográfico	Área	
	Milliones ha	% del área total
Suelos planos con drenaje pobre	170	21
Suelos bien drenados		
Laderas de 0 a 8%	497	61
Laderas de 8 a 30%	116	14
Laderas >30%	36	4
Total	819	100

Fuente: Cochrane y Sánchez 1981

Las rocas félsicas constituyen una fuente pobre de calcio, magnesio, potasio, hierro y manganeso. Los residuos de la meteorización incluyen cuarzo y caolinita; todos los minerales meteorizables se disuelven con facilidad. Las rocas básicas, por otro lado, retienen minerales meteorizables en las partes bajas de su perfil, proporcionando a la solución del suelo, de este modo, una fuente continua de nuevos productos de meteorización, tales como calcio, magnesio, potasio. Los suelos desarrollados a partir de rocas félsicas o de composición intermedia se hallan tan extensamente distribuidos que se les denomina suelos zonales.

Los suelos calcáreos en los trópicos son de fertilidad intermedia entre suelos félsicos y básicos. En zonas húmedas, generalmente son latosoles ácidos, mientras que en las zonas semiáridas suelen ser vertisoles.

Las rocas cristalinas félsicas son principalmente granito y gneis, los tipos de material parental más extensamente difundidos en los trópicos, de los que resultan suelos arenosos o areno-arcillosos. En los climas húmedos, estas rocas tienen pocos materiales meteorizables y alta permeabilidad, por lo que están sujetas a una lixiviación fuerte que produce una reacción ácida y baja saturación de bases; la fertilidad es pobre. En el otro extremo, las rocas ígneas generan suelos arcillosos que retienen minerales meteorizables, de fertilidad adecuada para sostener cultivos continuos.

Las rocas sedimentarias se degradan más lentamente que las rocas félsicas cristalinas. Las rocas calcáreas pueden generar suelos arenosos. Las rocas sedimentarias de grano fino, a excepción de los esquistos, se meteorizan más a fondo. Los suelos derivados de esquistos tienen propiedades físicas más pobres y propiedades químicas más ricas que las rocas calcáreas; también tienen una mayor capacidad de agua disponible y niveles de nutrimentos más altos.

La topografía no sólo afecta la formación del suelo directamente, sino que también influye en el clima y en el drenaje, los cuales a su vez afectan la formación del suelo. El cambio de temperatura con la altitud produce zonas de suelos diferenciados en cuanto al contenido de materia orgánica. La altitud afecta la precipitación, especialmente en las laderas expuestas al viento. El relieve también tiene un gran efecto sobre el drenaje del suelo.

El declive de las laderas afecta directa e indirectamente la formación del suelo; cuanto más empinada es la ladera, tanto mayor es el poder de erosión del agua. Aparentemente, la tasa de meteorización no es afectada por la ladera, así que el desbalance entre meteorización y erosión en laderas empinadas tiene como resultado que los suelos sean allí más finos que en cualquier otro paraje. En laderas con poco declive el suelo permanece durante mucho tiempo, lo que genera suelos meteorizados (y por lo tanto infértiles). En las laderas empinadas el suelo tiende a desaparecer rápidamente, por lo tanto, está menos sujeto a la meteorización por lo que podría contener una mayor cantidad de minerales. Estas diferencias son bien conocidas por los agricultores migratorios quienes obtienen mejores rendimientos en las laderas empinadas.

El drenaje. El drenaje es crítico para las propiedades del suelo. Un drenaje pobre usualmente resulta en una reducción de los compuestos de hierro (Fe), en la ausencia de oxígeno (O) y en su re-oxidación y precipitación parcial.

El agua del suelo puede encontrarse libre en cavidades, adherida a partículas de suelo, en combinación higroscópica, en combinación química o como vapor. Generalmente, el agua viene de arriba en forma de precipitación y rocío; de lado en la superficie del suelo, o desde abajo con el ascenso del nivel freático. El agua desaparece del suelo por evaporación, transpiración o flujo gravitatorio lateral. La evaporación y transpiración aumentan generalmente con la lluvia y con el déficit de saturación en la atmósfera. En los bosques, la humedad del suelo a más de 1 m de profundidad puede ser menor que sobre terrenos denudados debido al efecto de la vegetación (Henry 1931, citado por Mohr 1944).

Young (1976) toma del Manual de la Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y Alimentación (FAO), las siguientes clases de drenaje del suelo:

- *Drenaje muy pobre.* El nivel freático permanece en la superficie del suelo la mayor parte del año; frecuentemente se ve agua estancada. Ejemplo: los pantanos.
- *Drenaje pobre.* El nivel freático se encuentra justo en la superficie o cerca de ella durante la mayor parte del año. La capa superficial del suelo "gleyzada". Ejemplo: sitios que aunque no son pantanosos, sufren de pobre drenaje.

- *Drenaje imperfecto.* Suelos inundados durante largos períodos, con un horizonte B claramente moteado. Los cultivos con poca tolerancia a un drenaje impedido no pueden crecer en estos suelos.
- *Drenaje moderadamente bueno.* El perfil de estos suelos es húmedo durante cortos períodos; son moteados hasta cierta profundidad. Generalmente el drenaje es libre, pero temporalmente impedido.
- *Buen drenaje.* El exceso de agua escurre libre, pero no muy rápidamente. No hay indicios de suelos moteados.
- *Drenaje casi excesivo.* El agua escurre tan rápidamente como cae. Ejemplo: suelos arenosos.
- *Suelos excesivamente drenados.* El perfil se libra del agua muy rápidamente. Ejemplo: suelos pedregosos en laderas empinadas.

La materia orgánica del suelo. Las diferencias entre las rocas meteorizadas y el suelo derivado de ellas (y, de hecho, gran parte de la fertilidad del suelo) son principalmente de carácter biológico (Jacks 1963). La materia orgánica de los suelos tropicales aumenta la resistencia a la erosión y a la penetración de raíces, así como la capacidad de intercambio de cationes y constituye una reserva de nutrientes. El contenido de nutrientes y la capacidad de intercambio de la mayoría de los suelos tropicales se da principalmente, en el complejo orgánico constituido por los 20 cm superiores del suelo mineral.

El sistema planta/suelo contiene cuatro almacenes de materia orgánica: la vegetación viva, la vegetación muerta, la capa de humus y los organismos del suelo. El carbono se usa comúnmente para medir el contenido de materia orgánica; casi la mitad de la vegetación muerta secada al horno consiste en carbono.

El contenido orgánico del suelo puede permanecer relativamente constante bajo los bosques, pero es potencialmente inestable debido a que las tasas de humidificación de los desechos, de la exudación de las raíces y de la oxidación del humus son rápidas en relación con el almacenaje neto en el suelo. Nye y Greenland (1960) demostraron que las tasas cíclicas anuales de humidificación y oxidación son aproximadamente iguales al 2,5% del humus almacenado en los bosques húmedos de tierras bajas.

Según Young (1976), el contenido de materia orgánica del suelo generalmente varía en relación directa con la lluvia e inversa con la temperatura. El autor estima que la capa superficial de hasta 10 o 20 cm de profundidad contiene entre 3 y 5% de materia orgánica en suelos zonales de los bosques húmedos de tierras bajas. En las sabanas húmedas, el contenido promedio de materia orgánica es del 2%, mientras que en las sabanas secas suele ser de alrededor del 1%. El espesor de la capa de hojarasca al pie de los bosques húmedos puede ser desde dos hojas hasta 5 cm. Entre 1500 y 3000 m de altitud, el horizonte de humus es más espeso y su contenido de materia orgánica puede ser de 5 a 10%. Los niveles de materia orgánica en los principales suelos tropicales se comparan favorablemente con los de las mismas clases generales en la zona templada. En muchos casos, el contenido de nitrógeno en los suelos tropicales es mayor que en los suelos de la zona templada (Sánchez *et al.* 1982).

La materia orgánica del suelo (humus) es producida por el agua de lluvia, la hojarasca humedecida y la exudación de las raíces. Las pérdidas se dan por oxidación a la atmósfera, y por erosión, lixiviación y uso de las plantas.

El mantillo de los suelos del bosque húmedo de las tierras bajas tiene un contenido de C que fluctúa de 1 a 3%, o de 3 a 9 kg/m². El tiempo de renovación del humus en los bosques húmedos es de 20 a 50 años. El período de renovación de la hojarasca es de menos de un año, con una descomposición entre 1 y 3%. Sin embargo, una vez que la hojarasca se haya humedecido, la pérdida suele ser de sólo 2 a 4% por año (Nye 1963). Para las sabanas, el período de renovación del humus en el suelo es de 40 a 50 años.

Tanto los animales como las plantas afectan el suelo, pero el impacto principal es el de la vegetación; sobre todo, la vegetación muerta. La biomasa puede ser de entre 300 y 900 o más toneladas por hectárea en los bosques húmedos tropicales; entre 60 y 100 t/ha en los terrenos boscosos de la sabana húmeda y 30 t/ha en las sabanas secas. La madera puede constituir entre el 92 y el 96% de esta biomasa en los bosques húmedos y cerca del 88% en las sabanas. La productividad general de la vegetación, reflejada en las tasas de renovación, es significativa para el suministro de materia orgánica del suelo. Dichas tasas van de 30 t/ha/año en los bosques húmedos, a 10 t/ha/año en las sabanas húmedas y 5 t/ha/año en las sabanas secas. En los ambientes tropicales de

tierras bajas, la materia orgánica del mantillo está directamente relacionada con estas tasas de productividad. El contenido típico de materia orgánica es de 2 a 5% en las sabanas, niveles que no son muy diferentes de los de la zona templada (Kanehiro 1978).

La vegetación afecta la humedad del suelo de forma significativa. En el clima de los bosques húmedos, la hojarasca mantiene un microclima estable en la superficie del suelo, el cual es favorable para las especies siempreverdes. En las sabanas y estepas, esta cobertura decrece enormemente durante la estación de sequía, lo que acentúa el contraste entre estaciones.

La meteorización. La vegetación también aumenta la tasa de meteorización, modifica la mineralización del N y aumenta la fertilidad como resultado de la fijación de nitrógeno. Los residuos de las plantas también aumentan la actividad de la fauna terrestre, la cual a su vez afecta la formación del suelo.

La formación de suelo es un proceso lento, así que el tiempo es de naturaleza crítica. Mohr (1944) reconoció la existencia de cinco etapas en el proceso de meteorización.

- Etapa inicial - material parental sin meteorización.
- Etapa juvenil - la meteorización ha comenzado pero todavía existe mucho material que no está meteorizado.
- Etapa viril - la meteorización ha progresado pero queda todavía bastante material que no está meteorizado.
- Etapa senil - el material que no está meteorizado ocurre sólo esporádicamente.
- Etapa final - el suelo está completamente meteorizado.

Mohr distingue entre el carácter químico y físico de la meteorización. El carácter químico sólo puede ocurrir en presencia de agua. Lo que se disuelve en agua es muy importante; en la naturaleza, el agua nunca se encuentra en forma pura; la más pura es el agua de lluvia que cae después de que el comienzo de un aguacero haya lavado la atmósfera, limpiándola de su acidez. El agua que contiene dióxido de carbono es generalmente ácida; el agua que contiene bicarbonato de calcio es alcalina.

El agua que emana de los bosques en cuya superficie se descomponen los detritos (material suelto, tal como fragmentos de rocas o partículas orgánicas) es generalmente ácida.

La dirección predominante del movimiento del agua y su velocidad también afectan la formación del suelo. Mohr (1944) cita tres condiciones generales: (1) el movimiento continuo hacia abajo; (2) el movimiento alternado arriba – abajo, y (3) el movimiento hacia arriba. Las dos primeras condiciones son las más comunes. Un resultado de tales movimientos es el desarrollo de horizontes dentro del suelo. Algunos horizontes pierden sus componentes por lixiviación, mientras que otros se enriquecen como resultado de esta.

La erosión afecta la formación de los suelos de forma significativa. El poder de la erosión del agua es una función de su velocidad y volumen. La resistencia a la erosión se determina por el peso de las partículas del suelo y su capacidad de cohesión. Estos dos factores se relacionan inversamente con el tamaño de las partículas; por consiguiente, los suelos gruesos y arenosos son sueltos y erosivos, mientras que los suelos arcillosos (compuestos de partículas pequeñas y ligeras) son cohesivos. Sin embargo, una vez separadas las partículas, el agua las transporta fácilmente.

Las actividades humanas que históricamente han influido en la composición de los suelos son menos evidentes en la América tropical que en el hemisferio oriental. Algunas consecuencias de la explotación y cultivo de los recursos terrestres son los cambios en el contenido de materia orgánica, en el nivel de nutrimentos, en la reacción y régimen de humedad. También provocan aumento en la escorrentía, erosión, sedimentación, compactación, salinización y polución.

La meteorización en los trópicos es principalmente de origen químico y consiste en la descomposición de los minerales primarios y la subsiguiente síntesis de los minerales secundarios. La meteorización química está inseparablemente relacionada con la lixiviación, ya que los elementos liberados se lixivian fácilmente. La intensidad de lixiviación determina los tipos de minerales secundarios que se encuentran en el suelo.

La presencia ubicua de ácidos orgánicos en la solución del suelo afecta la susceptibilidad de los minerales a la meteorización (Fig. 1-15). La lixiviación tiende a ser selectiva en todos los niveles de pH (Lucas y Davies

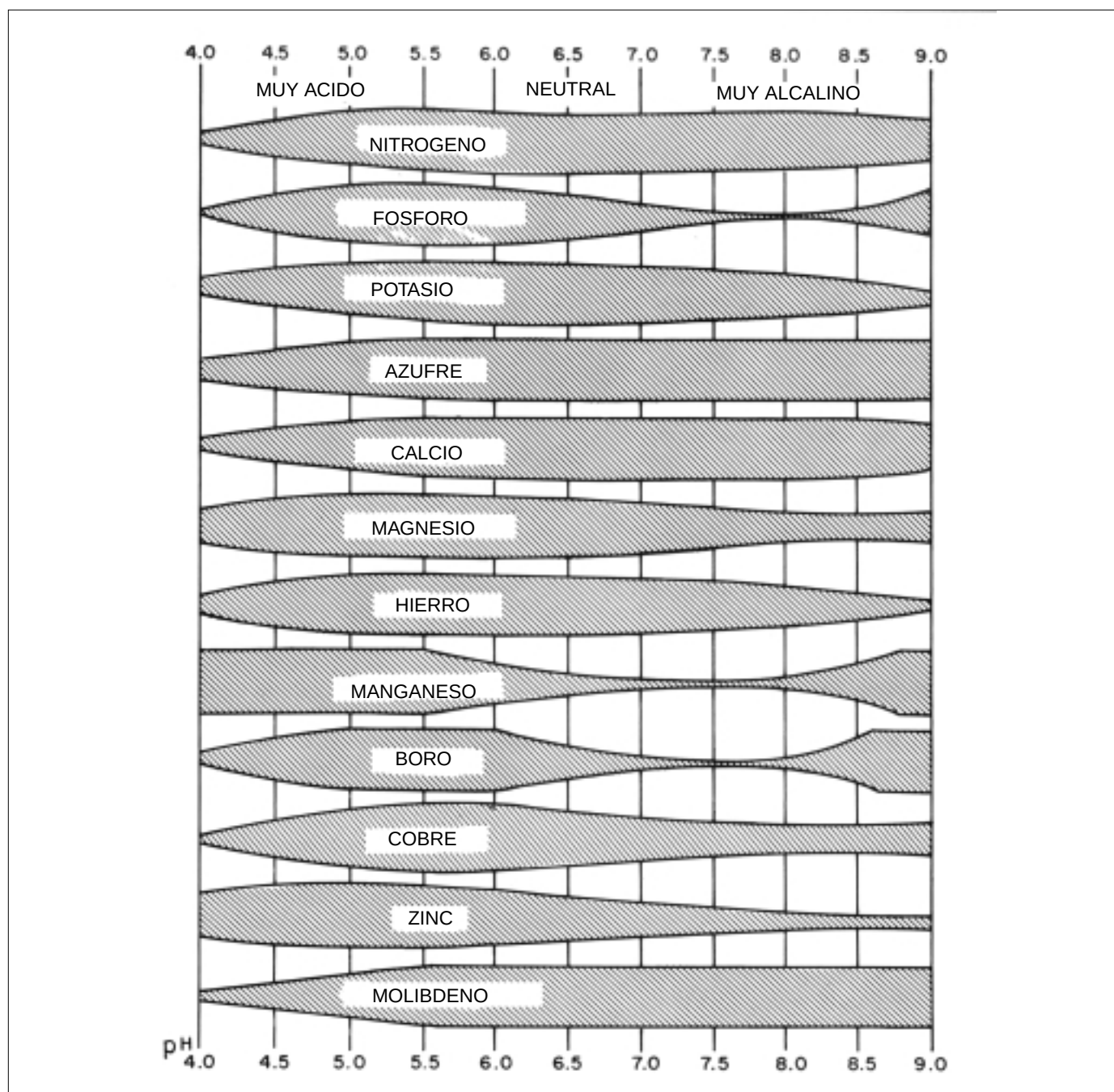


Fig. 1-15.—Influencia de la acidez y la alcalinidad del suelo en la disponibilidad de nutrimentos para las plantas (Lucas y Davies 1961)

1961). Según Young (1976), las sales solubles (cloruros y sulfatos) son entre 30 y 100 veces más móviles que las bases intercambiables (Ca^{2+} , Mg^{2+} , Na^{+} y K^{+}), las cuales son de 5 a 10 veces más móviles que el sílice en cualquiera de sus formas, a excepción del cuarzo. Estas, a su vez, son entre 5 y 10 veces más solubles que el cuarzo y los sesqui-óxidos.

Los suelos de los trópicos son predominantemente de color marrón rojizo o rojo amarillento. En las zonas húmedas de las tierras bajas, tienen un alto contenido de arcilla y un bajo contenido de sedimentos, mientras que la estructura del horizonte B es cúbica. En la zona del bosque húmedo, los suelos son muy friables debido a las arcillas, que consisten casi enteramente de caolinita y sesqui-óxidos. El horizonte A de muchos suelos tropicales es más oscuro que los demás horizontes debido a la presencia del humus. Los suelos oscuros, sin embargo, no deben considerarse ricos en humus. El moteado comúnmente se da como resultado de un drenaje impedido. Generalmente, el contenido de arcilla decrece con la elevación y con la sequedad del clima. Las sabanas comúnmente tienen una capa superficial arenosa.

Clasificaciones del suelo. Las variaciones en la historia geológica y el clima del neotrópico han producido una gran variedad de suelos. La única generalización válida acerca de estos suelos, aparte de su ubicación común, es la falta de una marcada variación estacional en la temperatura del suelo. Las siguientes descripciones de las principales clasificaciones de los suelos neotropicales provienen en su mayoría de los trabajos efectuados por Aubert y Tavernier (1972) y Sánchez (1976), y se relacionan con los grupos descritos por Young (1976). Sánchez (1976) determinó, a partir de Drosdoff y con base en un mapa de Aubert y Tavernier (1972), el porcentaje de la región ocupado por cada uno de los tipos de suelo.

Oxisoles. Los oxisoles son principalmente mezclas de caolín, óxidos hidratados y cuarzo, con pocos minerales meteorizables. Generalmente son suelos muy rojos o amarillos, con una estructura granular excelente y propiedades uniformes; tienen buen drenaje, pero la fertilidad es baja.

Los oxisoles ocurren en las zonas húmedas de las mesetas muy antiguas, donde los productos meteorizados han estado protegidos contra la erosión

durante largos períodos. Para la retención de cationes, los oxisoles dependen en gran parte de la cantidad y calidad de la materia orgánica. Sin fertilizante añadido, sólo pueden sostener cultivos arbóreos, agricultura migratoria o ganadería extensiva.

Suelos de montaña. Estos suelos pueden variar enormemente en distancias cortas debido a cambios en elevación, relieve, material parental, temperatura y humedad.

Inceptisoles. Los inceptisoles son suelos jóvenes sin acumulación de materiales transferidos aparte de carbonatos y sílice. Algunos inceptisoles se encuentran en las planicies de inundación de los ríos y en zonas donde existen afloramientos rocosos. Un subgrupo importante, la arcilla amorfa, se desarrolló a partir de cenizas volcánicas. Cuando los inceptisoles se combinan con un material orgánico desarrollan una alta capacidad de retención de agua. Si el pH es bajo, estos suelos tienen una baja capacidad de intercambio de cationes. El potencial de productividad varía enormemente; bajo las mejores condiciones pueden ser excelentes suelos agrícolas.

Ultisoles. Los ultisoles son suelos con horizontes de arcilla bajo la superficie y un suministro reducido de bases. Generalmente son de color rojo oscuro o amarillento, de buen drenaje, con propiedades físicas menos deseables que las de los oxisoles, pero con mayor cantidad de minerales meteorizables (y por lo tanto de mejor fertilidad, aunque todavía baja).

En general, los ultisoles se encuentran bajo vegetación boscosa, en climas con variaciones estacionales leves o pronunciadas en el suministro de humedad. En los trópicos húmedos tienen una baja capacidad de intercambio catiónico. Fuera de los tejidos vegetales, las bases se agotan. Unos pocos ultisoles contienen plintita, un material suave y arcilloso, que al ser expuesto al agua y al secado se endurece produciendo una roca ferrosa.

Alfisoles. Los alfisoles tienen horizontes de arcilla bajo la superficie del suelo y un suministro de bases que varía de mediano a alto. Son similares a los ultisoles, pero de mayor fertilidad. En general, los alfisoles se forman bajo el bosque o la sabana, en climas sujetos a sequías estacionales cuando la evapotranspiración excede la precipitación y la humedad almacenada en el suelo se agota.

Entisoles. Estos suelos, cuyo desarrollo es reciente, no tienen horizontes pedogénicos. Los afloramientos de rocas, las dunas y los sedimentos aluviales pertenecen a esta clasificación. Los entisoles varían desde arenas improductivas hasta sedimentos aluviales inundados periódicamente, los cuales están entre los suelos más productivos del mundo.

Aridisoles. Como su nombre implica, estos suelos son comunes en zonas áridas, que no mantienen la humedad por más de 90 días consecutivos.

Mollisoles. Tienen horizontes de superficie casi negra, rica en humus y con un gran suministro de bases; algunos son generalmente húmedos, mientras que otros son generalmente secos.

Fertilidad de los suelos neotropicales. Según Sánchez (1976), citando al Comité Científico Asesor del Presidente, el 51% de los suelos en el trópico son oxisoles, ultisoles o alfisoles, muy meteorizados y lixiviados; un 17% son suelos secos, arenosos y superficiales; un 14% son aridisoles, y el 18% restante pertenece a otros tipos de suelos.

Un estudio de suelos efectuado en 1971 por FAO/UNESCO demostró que en más de 8 millones de kilómetros cuadrados del neotrópico (casi el 56%) los suelos son demasiado pobres para la agricultura o la ganadería, pero apropiados para la producción forestal. Los oxisoles son agregados estables con buen drenaje del agua de lluvia -como la arena- y resisten la compactación y la erosión; sin embargo, pueden ser susceptibles a las sequías y la lixiviación. Los ultisoles y los alfisoles pueden tener un suelo superficial arenoso, susceptible a la compactación, la escorrentía y la erosión, por lo que su labranza resultaría perjudicial, especialmente en las laderas empinadas.

El contenido de materia orgánica de los oxisoles tropicales es mayor de lo que sugiere su color rojo. En los climas tropicales húmedos, el carbono (C) orgánico se agrega y descompone cinco veces más rápido que en las zonas templadas. La materia orgánica beneficia al suelo reciclando la mayor parte del nitrógeno (N) y del azufre (S), manteniendo la capacidad de intercambio de los cationes, impidiendo la fijación del fósforo (P), mejorando la estructura y formando complejos con micronutrientes.

El contenido total de P en el suelo refleja la intensidad de la meteorización. En suelos altamente meteorizados, el P orgánico puede constituir más de la mitad del total de P en el suelo. La mayoría de los oxisoles y ultisoles tropicales son demasiado deficientes en P para poder ser cultivados. El manejo del fósforo es complejo en suelos con una alta tasa de fijación. La deficiencia de azufre también está ampliamente diseminada en los trópicos; especialmente en oxisoles, ultisoles y alfisoles y en suelos jóvenes, volcánicos y arenosos.

En zonas cubiertas de bosques es posible que el suelo y el bosque tengan un ciclo de nutrientes notablemente cerrado, produciendo vegetación exuberante en suelos de baja fertilidad natural. En México, Centroamérica y el Caribe se descubrió que los suelos con fertilidad natural de regular a buena son más abundantes que los suelos de baja fertilidad natural (Anón. 1971c,d). La limitación principal a la productividad en esta región es el carácter empinado del terreno. Sin embargo, muchas de las tierras bajas son subutilizadas; estos suelos podrían ser mucho más productivos si se efectuaran pequeños ajustes en las prácticas tradicionales.

En Sudamérica, el suelo es generalmente de baja fertilidad natural (Anón. 1971a). Más del 90% del suelo es demasiado pobre para el cultivo; aproximadamente el 50% del continente consiste de ferralsoles (oxisoles), acrisoles (ultisoles) y arenosoles, cuya capacidad de intercambio catiónico y de bases intercambiables es baja. Aproximadamente, el 20% del continente es tan seco que la agricultura sin riego es riesgosa o imposible. El 10% es de pobre drenaje y otro 10% está compuesto predominantemente por litosoles en laderas empinadas.

Los bosques

El clima y los suelos de la América tropical son propicios para el desarrollo natural de los bosques. Ford-Robertson (1971) define a un bosque como “una comunidad de plantas en las que predominan los árboles y otras plantas leñosas que crecen más o menos cerca unos de otros.” La definición de árbol, del mismo autor, excluye a los arbustos pues a pesar de ser perennes y leñosos, generalmente no tienen “un tallo principal único y bien definido”. Otras clases de bosques mencionadas por Ford-Robertson (1971) son: matorrales (zonas de “árboles pequeños o atrofiados y arbustos, generalmente de especies sin valor comercial”), terrenos boscosos (zonas donde los árboles usualmente tienen troncos cortos en relación con el tamaño de sus copas y que forman un dosel abierto), terrenos boscosos de la sabana

tropical (zonas donde el sotobosque consiste principalmente de pastos) y sabana con árboles (zonas donde los árboles se encuentran dispersos de forma irregular).

Génesis de la vegetación. El origen de los bosques neotropicales ocurrió como respuesta a los cambios geológicos que formaron la región, los cuales se describen en el Apéndice C.

Durante el período glacial (hace 21 000 a 13 000 años), el nivel de la vegetación en los Andes había descendido casi 1500 m debido a las condiciones frías y secas; la temperatura promedio era probablemente de 6 a 7°C más baja y la precipitación menos de la mitad de las condiciones actuales. Sin embargo, hace 10 000 años, los bosques ya habían ascendido hasta una altura mínima de 2850 m, y para hace 6000 años la temperatura era posiblemente 2°C más alta de lo que es actualmente; algunas especies de *Cecropia* y *Acalypha* crecían cientos de metros más arriba de su límite superior actual. Hace 3000 años aproximadamente, la temperatura bajó a su nivel actual y los bosques volvieron a retirarse por debajo de los 2850 m.

Junto con el enfriamiento que ocurrió hace 3000 años, los pastizales en los llanos occidentales de Colombia aparentemente fueron invadidos por *Byrsonima* spp. y otras plantas forestales (Wijmstra y van der Hammen 1966). Estudios efectuados en la cuenca inferior del Magdalena (Wijmstra 1967) indican que hubo cambios significativos en la precipitación de la cuenca superior o inferior durante los últimos 2000 años. Entre los años 1100 y 1500 A.D., los bosques y pantanos fueron remplazados por sabanas con *Byrsonima*, *Cecropia*, *Ficus* y géneros de *Ulmaceae*; en esa época, el ciclo de la precipitación pudo haber sido tan corto como de 250 años.

En Centroamérica también se han encontrado evidencias de cambios significativos en la vegetación durante los períodos glaciales (Graham 1973, Martin 1964). Hace 36 000 años los bosques de Costa Rica estaban 650 m más abajo de lo que están ahora, y en vez de *Quercus* y *Alnus*, había vegetación de páramo a 2400 m. Algunas de las especies de árboles que ahora crecen en las tierras altas, en aquella época, aparentemente se hallaban cerca del nivel del mar.

El período de recesión glacial y los avances interglaciales del litoral de las Guayanas también fueron

importantes para el desarrollo de los bosques de hoy en aquella región. Los diagramas de polen tomados en las cercanías de la ciudad de Georgetown, Guayana (van der Hammen 1963; van der Hammen y Wijmstra 1964; Wijmstra 1969; 1971) muestran secuencias de *Rhizophora*, un género de mangle del litoral; de *Avicennia*, un género de mangle del interior; de árboles de pantano de agua fresca y de vegetación de tierras altas, como especies de *Byrsonima* y *Curatella*.

Evidencias fragmentarias del sur de la cuenca del Amazonas (van der Hammen 1972, 1974) demuestran que una zona de Rondonia que ahora está densamente cubierta de bosque fue sabana abierta en algún momento durante los últimos 10 000 años. Pareciera que todas las zonas de lo que actualmente es el bosque húmedo ecuatorial fueron significativamente diferentes hace 14 000 a 20 000 años (Flenley 1979). La vegetación de las montañas era del tipo que ahora crece a mayores elevaciones y la vegetación de las tierras bajas era del tipo de vegetación típica en zonas con una estación seca pronunciada.

Las viejas hipótesis que tratan de explicar la riqueza biótica de los trópicos se basan en el supuesto de un clima constante, favorable, caliente y húmedo. Los conocimientos actuales, sin embargo, sugieren que en términos del microclima de cualquier sitio dado, una constancia tal hubiera sido una excepción. El polen descubierto en la región no muestra indicios de que las comunidades forestales se hayan mantenido estables durante períodos mayores a 500 años, que es, ni más ni menos, el ciclo de vida de algunos de los árboles que existen hoy día.

Los bosques húmedos, por consiguiente, no han sido paradigma de estabilidad. Su gran diversidad no puede ser explicada en términos de una estabilidad a largo plazo, debido a que estos bosques han existido en un estado de equilibrio en sus ambientes tan sólo durante unas pocas generaciones de árboles (Flenley 1979). Así, la abundancia de especies se explica como el resultado (y no a pesar de) los cambios ambientales del pasado (Vuilleumier 1971).

La biota del Amazonas ilustra este punto. Aunque la flora del Amazonas deriva de familias y géneros que ocurren fuera de la región, la mayoría de las especies están confinadas a la Amazonia (Prance 1978). Esta especiación interna se atribuye principalmente a la sucesión de ambientes durante el período glacial. En

épocas tan recientes como hace 15 000 años, había una significativa diferencia climática durante períodos de calor entre las tierras altas y los valles de la región. Las sabanas que ahora son discontinuas pero que aún albergan géneros comunes (como *Byrsonima* y *Curatella*) dan testimonio de la existencia de sabanas de gran extensión y de origen reciente (Prance 1978). Se cree que la especiación se vio favorecida por el aislamiento de los bosques húmedos de montaña y las sabanas de los valles secos.

Extensión y ubicación de los bosques. La distribución de los bosques en el neotrópico ha estado cambiando continuamente a través de largos períodos en el pasado, pero la tasa de cambio ha sido casi imperceptible desde el descubrimiento de América. Así, la extensión y ubicación de las zonas que sin interferencia humana habrían estado cubiertas de bosques pueden ser determinadas por las condiciones climáticas y edáficas actuales. La extensión y ubicación de los bosques naturales también indican los límites geográficos dentro de los cuales el crecimiento del bosque continúa siendo ecológicamente apropiado y por consiguiente, donde los bosques podrían constituir una forma racional de utilización del terreno.

Las zonas no cubiertas de bosques (Fig. 1-16) incluyen las tierras altas mexicanas, los pastos de sabanas y pantanos, el Llano del Orinoco, las tierras altas de las Guayanas, los campos, los pantanos del Matto Grosso, el altiplano andino, y el litoral del Pacífico en Sudamérica (Hueck 1972). Estas zonas no han sustentado bosques en años recientes y no parecen tener la capacidad de hacerlo, a menos que se “reconstruya” el ambiente a un gran costo.

Por lo menos el 70% del neotrópico es ambientalmente idóneo para sostener algún tipo de bosque. La zona boscosa natural más grande de la América tropical es la cuenca del Amazonas, un área de 6 millones de kilómetros cuadrados, el 98% de los cuales estaban cubiertos de bosque cuando llegaron los europeos (Pires 1974).

El inventario forestal de la FAO (Anón. 1993b) reconoce seis formaciones forestales: bosque húmedo, húmedo deciduo, seco deciduo, seco, desértico y montano. El Cuadro 1-6 presenta el inventario de 1990 para estas categorías. Las dos zonas deciduas y las zonas secas y desérticas se han combinado. Se ve que los bosques

neotropicales constituyen poco más de la mitad de los bosques tropicales del mundo; una tercera parte de los cuales se encuentran en África y menos del 20% en Asia y el Pacífico. El 63% de los bosques húmedos tropicales se encuentran en América, y el 87% de los bosques tropicales se halla en Sudamérica. Aproximadamente la mitad son bosques húmedos que, junto con los deciduos, componen el 86% del total. En 1990 los bosques cubrían sólo el 56% de las zonas listadas por la FAO (Cuadro 1-6), lo que sugiere que en un momento dado los bosques húmedos y deciduos cubrían el 92% del área tropical.

Los bosques que actualmente existen en la región reflejan siglos de ocupación humana, la que posiblemente se inició hace 20 000 años. En 1492 la región estaba parcialmente habitada por poblaciones de tamaño variables, desde más de 20 millones de personas en México hasta una población escasa (que antes pudo haber sido más numerosa) en la cuenca del Amazonas (Bennett 1975). La agricultura migratoria eliminó temporalmente la vegetación silvestre de vastas regiones de la América tropical, creando mosaicos de pastizales y vegetación. Sin embargo, la población indígena decreció en forma dramática durante los 150 años posteriores a la llegada de los europeos; eso permitió que los bosques invadieran muchas regiones. Recientemente, la tendencia se ha revertido y la deforestación se ha incrementado debido al aumento en la cantidad de campesinos sin tierra y a la expansión de la ganadería extensiva.

El inventario de bosques preparado por FAO (Anón. 1993b) muestra el impacto de la intervención humana en los bosques tropicales: la deforestación (Cuadro 1-7). Se puede observar que se ha eliminado el 44% de los bosques antiguos; de los bosques montanos sólo queda un 28%. La pérdida de los bosques ha sido aún mayor en África y en Asia y el Pacífico. Las áreas de bosque tropical que quedaban en el mundo en 1990 aparecen en el Cuadro 1-8 (Anón. 1993b).

Lanly y Clement (1979) efectuaron un inventario de bosques “trabajables”, aquellos que contienen madera de valor comercial en condiciones favorables de acceso para su aprovechamiento. Según sus cálculos, en 1975 había 5,13 millones de kilómetros cuadrados en esta categoría; o sea, el 78% de los bosques de la región. De esta cantidad, el 85% se encuentra en Sudamérica y el 5% son especies coníferas.

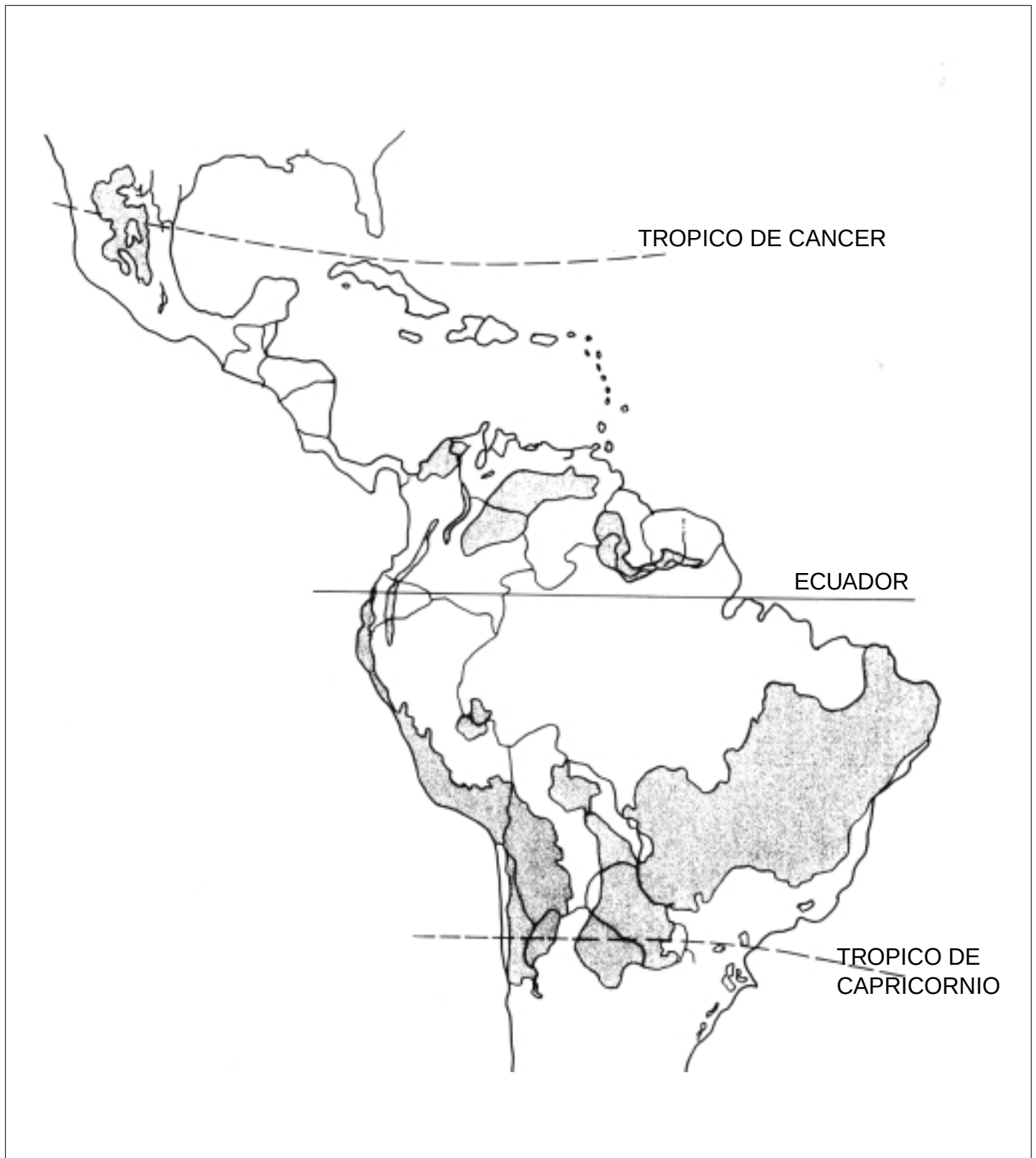


Fig. 1-16.—*Porciones de América tropical sin cobertura forestal de manera natural (zonas sombreadas en el mapa)*

Cuadro 1.6—Formación de los bosques tropicales, por zonas (en miles km²)

Zona	Bosque pluvial	Húmedo y seco	Desértico	Montano	Total
Centroamérica	124	152	22	383	681
El Caribe	357	85	0	29	471
Sudamérica	4,062	3,155	5	807	8,029
América Tropical (total)	4,543	3,392	27	1,219	9,181
África	866	3,437	620	353	5,276
Asia/Pacífico	1,774	829	31	472	3,106
Total zona tropical	7,183	7,658	678	2,044	17,563

Fuente: Anón. 1993a, 1993c

Influencia de los bosques sobre el ambiente. Los bosques tropicales producen más vapor de agua y dióxido de carbono que los no tropicales, debido a que las emisiones infrarrojas, la saturación de la presión de vapor y la productividad de las plantas aumentan con la temperatura. En contraste, el albedo y la emisión de ciertos contaminantes en el bosque tropical son más bajos que el promedio mundial. De todos estos contaminantes, el dióxido de carbono que permanece en la atmósfera es, quizás, el que tiene mayor influencia fuera de los trópicos. Sin embargo, la radiación que vaporiza el agua de los trópicos también la transporta fuera de la región en forma de calor latente, el cual es parte del equilibrio térmico mundial después de condensado el vapor de agua.

El vapor de agua producido por los trópicos húmedos contribuye considerablemente al equilibrio hidrológico mundial. El ciclo hidrológico es la eliminación de la precipitación a través de la vegetación hacia el suelo, los ríos, lagos y océanos, y el retorno de la humedad a la atmósfera mediante la evaporación y transpiración (Fig. 1-17; Holzman 1941).

Aproximadamente el 58% del vapor de agua a nivel mundial proviene del 37% de la superficie de la tierra ubicada en los trópicos (Baumgartner y Reichel 1975). Del vapor de agua de la región, 15% proviene del 30% de la superficie terrestre y del 85% de los mares tropicales. Las superficies terrestres tropicales suministran cerca del 9% del vapor de agua del mundo (Baumgartner y Reichel 1975).

La precipitación en los trópicos húmedos es tres veces el promedio mundial de precipitación anual de 75 cm. De

igual forma, la evapotranspiración de la vegetación tropical es casi tres veces el promedio mundial (120 cm *versus* 46 cm). El promedio anual de escorrentía de los terrenos tropicales es de 88 cm, en comparación con 27 cm de promedio mundial.

Los ríos principales de la región, el Amazonas y el Orinoco, reciben el 20% de todas las aguas superficiales de la tierra (Anón. 1978a). Algunas partes de las tierras altas neotropicales reciben casi 600 cm de precipitación anual, 500 cm de los cuales se escurren en forma de escorrentía y el resto se disipa por evapotranspiración. La cuenca del Amazonas recibe un promedio de casi 350 cm de precipitación anual, 200 cm se escurren y el resto se evapotranspiran (Anón. 1978a).

Los bosques tropicales también son de gran importancia para el equilibrio mundial de carbono. En 1990 se estimó que los bosques naturales de los trópicos promedian 169 toneladas de biomasa por hectárea (Anón. 1993b); para América tropical, el promedio es de 185 t/ha. El contenido de dióxido de carbono de los bosques tropicales iguala o excede el 30% del contenido de esa sustancia en la atmósfera mundial. Además, los bosques tropicales contienen casi una sexta parte del carbono secuestrado orgánicamente en el mundo (Anón. 1978a). El equilibrio del carbono en la biósfera es producto de: (1) la asimilación y fijación del dióxido de carbono por las plantas y (2) la liberación del dióxido de carbono por la respiración de los organismos vivos y la oxidación (quema) de residuos orgánicos inflamables. Los bosques tropicales fijan entre 15 y 20 mil millones de toneladas de carbono anualmente (Lieth y Box 1972, Woodwell 1970); o sea, no menos del 25% del total mundial (Bolin 1970). A través de la fotosíntesis, los

Cuadro 1.7—Tasa de deforestación anual en el trópico de 1981 a 1990

Región	Bosque pluvial	Deciduo	Desértico	Montano	Total	Area/1000 habitantes
Miles de hectáreas						
América Central	240	277	51	544	1112	10,6
Caribe	59	43	0	23	125	3.8
América del Sur	1,639	3,463	12	1,055	5,172	27.9
América Tropical (total)	1,938	3,786	63	1,622	7,409	20.6
Africa	471	3,103	327	289	4,100	9.7
Asia/Pacífico	2,162	1,122	32	584	3,900	2.8
Trópicos (total)	4,541	7,921	422	2,525	15,409	7.0
Porcentaje de deforestación en 1985						
América tropical	0.3	0.3	2.1	1.2	0.8	
Trópico mundial	0.6	1.0	0.6	0.9	0.8	

Fuente: Anón. 1993a

bosques tropicales liberan 55 millones de toneladas de oxígeno por año, una cantidad supuestamente igual a la consumida a través de la respiración (Brunig, 1971).

La influencia de los bosques tropicales sobre el clima todavía no se puede medir con certeza debido a que los cambios en la composición atmosférica no se pueden predecir y debido a que las influencias de los bosques no se pueden correlacionar con las propiedades estructurales del sitio donde se ubican, o con la productividad de varios tipos de bosques (Anón. 1978a). Estudios de simulación efectuados por Potter y otros (1975) sugieren que los bosques tropicales ejercen influencias de gran alcance sobre el clima mundial. Entre las latitudes 5°N y 5°S, las tierras boscosas producen un albedo mucho más bajo (0,07 en comparación con 0,25), menos escorrentía, más evaporación, temperatura y precipitación superficial ligeramente mayores, mayor absorción de la energía solar, mayor actividad de convección, más calentamiento de la tropósfera tropical media y alta, menores gradientes verticales de temperatura y temperaturas más elevadas que en las tierras deforestadas. Además, los bosques tropicales inducen parte de la precipitación en sitios tan lejanos como las latitudes 85°N y 60°S (Anón. 1978a).

No se tiene una idea clara sobre cuál podría ser el efecto sobre la atmósfera de la deforestación en la cuenca del Amazonas (Newell 1971). Es posible que en las latitudes

bajas se reduzca la energía potencial y el calor disponibles a nivel atmosférico medio. Esto podría contrarrestar el “efecto invernadero” producido cuando el dióxido de carbono de la atmósfera sube y limita el escape de radiación desde la tierra.

Los efectos climáticos de los bosques son principalmente de naturaleza local. Los bosques absorben de manera eficiente la radiación visible y la infrarroja; su reflectividad es entre 5 y 10% menor que la de otras coberturas del suelo. Los altos insumos de energía que reciben los bosques se consumen principalmente mediante la evapotranspiración. El vapor de agua enfría el aire sobre los bosques, reduciendo por consiguiente la convección. El balance de agua en los trópicos es sensible a la latitud. Fuera de los trópicos, el promedio anual de evapotranspiración es de 65 cm (el 76% de la precipitación); en el trópico ecuatorial, el promedio anual de evapotranspiración es de 109 cm (el 62% de la precipitación).

La distribución estacional de la precipitación es tan importante para la vida vegetal como la cantidad de precipitación. En la mayoría de los trópicos, la estación seca coincide con los meses en los que la temperatura es más fresca. Las diferencias entre la estación lluviosa y la estación seca son más pronunciadas tierras adentro (especialmente en los llanos) que en el litoral y en las montañas. La mayoría de los desiertos en los trópicos

Cuadro 1.8.—Cobertura de bosques naturales en los trópicos en 1990

País	Área total de bosques (miles ha)	% del área total	Bosque per cápita (ha)
América Central			
Costa Rica	1,428	28	0.5
El Salvador	123	6	— ^a
Guatemala	4,225	39	.5
Honduras	4,605	41	.9
México	48,586	26	.5
Nicaragua	6,013	51	1.6
Panamá	3,117	41	1.3
Total	68,097	28	.6
Caribe			
Antigua y Barbuda	10	22	0.1
Bahamas	186	19	.7
Belice	1,996	88	11.0
Cuba	1,715	16	.2
Domínica	44	59	.5
Rep. Dominicana	1,077	22	.2
Guayana Francesa	7,997	91	86.9
Grenada	6	16	.1
Guadalupe	93	55	.3
Guyana	18,416	94	17.7
Haití	23	1	— ^a
Jamaica	239	22	.1
Martinica	43	40	.1
Puerto Rico	321	36	.1
St. Kitts y Nevis	13	37	.3
St. Lucía	5	7	— ^a
St. Vicente	11	27	.1
Surinam	14,768	95	36.6
Trinidad y Tobago	155	30	.1
Total	47,118	68	1.4
América del Sur			
Bolivia	49,317	46	6.7
Brasil	561,107	66	3.7
Colombia	54,064	52	1.7
Ecuador	11,962	43	1.1
Paraguay	12,859	32	3.0
Perú	67,906	53	3.0
Venezuela	45,690	52	2.3
Total	802,905	60	3.3
América	918,120	56	2.3
África	527,586	27	1.3
Asia/Pacífico	310,597	35	.2
Total mundial	1,756,303	37	.7

Fuente: Anón. 1993a.

^aMenos que 0,05 ha/hab.

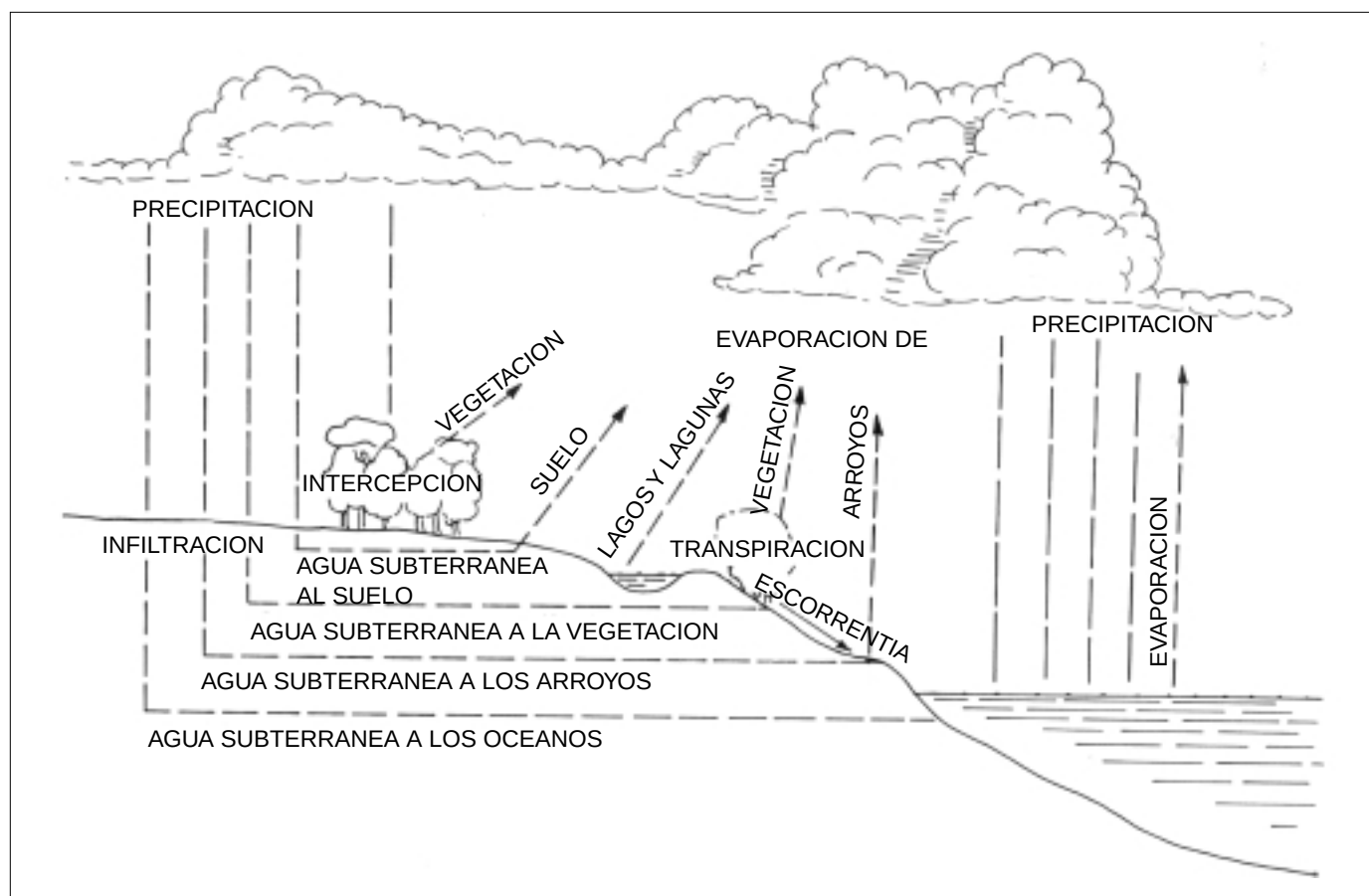


Fig. 1-17.—El ciclo hidrológico (adaptado de Holzman 1941)

ocurren en los bordes de la región y son continuaciones tropicales de extensos desiertos subtropicales. La existencia en los trópicos de plantas ombrófilas (que requieren humedad continua) y ombrófilas (que no requieren humedad continua) es significativa en la selección de especies para la producción forestal. Las especies ombrófilas pueden sobrevivir en climas de humedad constante, pero crecen lentamente a menos que se encuentren en sitios abiertos y soleados. Muchas de estas especies tienen hojas delicadas y pinadas.

La insolación (radiación solar recibida) es tan importante para los organismos vivos como la temperatura atmosférica; particularmente en las zonas secas continentales. Sin embargo, los efectos de la insolación son especialmente importantes en zonas húmedas porque los estomas, a través de los cuales la humedad continúa liberándose, permanecen abiertos. La alta insolación de los trópicos da como resultado una flora

de sombra muy distinta de la que crece bajo la luz directa del sol.

Los helechos (Polypodiaceae) son más abundantes en los bosques húmedos tropicales, especialmente en los climas templados y frescos de las montañas. Generalmente, también se encuentran especies coníferas en las montañas altas fuera de los climas tropicales de tierras bajas.

Las especies monocotiledóneas son prominentes en la vegetación tropical. En las zonas secas, las palmas (Palmae) se encuentran muy dispersas; pero en las zonas pantanosas crecen en densos rodales. Los bambúes de la familia de las gramíneas (Graminae) son comunes, crecen en rodales puros, dispersos entre otros árboles o como parte del sotobosque. Especies de la familia de las aráceas (Araceae), incluyendo trepadoras como el *Philodendron*, son comunes en los bosques húmedos, así

como los géneros *Musa* y *Heliconia* de la familia de las Scitamineae. Otras plantas que muestran gran diversidad de sitio en sitio son las orquídeas (Orchidaceae) y las bromelias (Bromeliaceae).

La existencia de varios órdenes de dicotiledóneas refleja variaciones en la vegetación de los trópicos. Las amentáceas (Amentaceae) se encuentran en las regiones montañosas de mayor elevación. Las poligonáceas (Polygonaceae), incluyendo las piperáceas (Piperaceae), se limitan a las regiones más calientes y húmedas de los trópicos. Las magnoliáceas del orden Poligoninae, que predominan en la zona templada, en los trópicos están limitadas a las montañas más elevadas. Las Citiflorae, incluyendo familias tales como las Clusiaceae, Ochnaceae y Dipterocarpaceae, se encuentran en los trópicos calientes. Otros grupos exclusivos de las regiones tropicales calientes son las Columniferae, representadas por las Bombacaceae y Sterculiaceae, y las Terebinthinae, con familias prominentes como las Meliaceae, Burseraceae y Anacardiaceae. Entre las Aesculinae, las Malpighiaceae están limitadas a los trópicos calientes. De las Umbelliflorae, algunas familias como las Umbelliferae y las Cornaceae ocurren solo en las tierras altas, mientras que las Araliaceae también crecen en las tierras bajas. De las Saxifraginae, las cactáceas son prominentes en las regiones secas, pero suelen ocurrir como epífitas o lianas en zonas húmedas. Las Mirtiflorae pertenecen exclusivamente a la región tropical caliente, pero incluyen especies de tierras altas (Melastomataceae) y de los pantanos del litoral (Combretaceae y Rhizophoraceae). De las Rosiflorae, la distribución de algunas familias tales como las Chrysobalanaceae se limita exclusivamente a la región tropical caliente; mientras que otras (como las Rosaceae) se limitan a las montañas. Las Leguminosae incluyen árboles, arbustos, yerbas y trepadoras, algunas de zonas húmedas y otras de zonas secas. Otros órdenes que también predominan en la región tropical caliente son las Diospyrinae (Ebenaceae y Sapotaceae), Tubiflorae (Cordiaceae), Personatae (Bignoniaceae), Labiatiflorae (Verbenaceae) y Campanulinae (Rubiaceae).

Schimper (1903) reconoció no sólo la tendencia general de los grupos de plantas de segregarse por extensas zonas climáticas dentro de los trópicos, sino también el efecto de los cambios climáticos estacionales sobre el crecimiento de las plantas. Observó que para ciertas funciones, las plantas están sujetas a períodos alternados de reposo y actividad. Cuando el clima no es estacional, el ciclo alternado de reposo y actividad resulta de causas

internas. Aún las plantas leñosas siempreverdes exhiben períodos alternados de reposo y actividad en los climas continuamente húmedos.

Donde las diferencias climáticas estacionales son pronunciadas, la floración coincide más con la estación climática que con la época del año. Durante la mayor parte del período de floración, el desarrollo vegetativo se torna lento. En los lugares donde existe una estación seca las plantas leñosas florecen más abundantemente durante o inmediatamente después de ese período.

Entre las plantas leñosas hay grandes variaciones en lo que respecta a la pérdida de hojas. Algunas plantas pierden su follaje antes de que termine la estación lluviosa; otras pierden sus hojas al comienzo de la estación seca; otras van perdiendo sus hojas gradualmente a lo largo de varios meses, mientras que otras permanecen con todo el follaje hasta que se abren los pimpollos de las nuevas hojas. Y, entremezclados con los grupos anteriores, pueden haber árboles siempreverdes que nunca pierden sus hojas totalmente.

Schimper (1903) observó que la influencia del suelo sobre la diferenciación de la flora es mucho más pronunciada en regiones donde el período de sequía es regular que en sitios constantemente húmedos. Reconoció que la escasez de álcali, cal, P, Mn y S -esenciales para la vegetación- prevalece en los suelos tropicales; además, en climas estacionales, los tipos de bosques más resistentes a la sequía -bosque espinoso, arbustos y matorrales espinosos- se desarrollan en suelos calcáreos.

Schimper también indicó que los bosques higrófilos siempreverdes se desarrollan en las riberas de lagos y ríos en las regiones que en otras partes se encuentran cubiertas por pastizales o bosques xerófilos. Él distinguió entre crecimiento vegetal abierto en costas o riberas rocosas y arenosas, y bosques de litoral sujetos a la influencia de las mareas (manglares).

El Apéndice D presenta el desarrollo de varios intentos por clasificar y describir la vegetación tropical. Cada clasificación tiene ciertas limitaciones. Cada una constituye un intento por cuantificar las diferencias entre los tipos de bosques en términos matemáticos o fisionómicos. Ninguna de estas clasificaciones refleja las diferencias significativas con precisión. Para propósitos de manejo forestal, un marco de clasificación a nivel de formación, dentro del cual las variantes edáficas y de

composición existan, es lo suficientemente preciso como para predecir la aplicabilidad más amplia de los resultados de sitio en sitio. Hasta que se pueda desarrollar algo mejor, las zonas de vida de Holdridge (1967) probablemente seguirán siendo la herramienta más precisa, siempre y cuando las variantes edáficas se reconozcan y describan.

Capítulo 2

El Ambiente Propicio para la Producción Forestal

El ambiente propicio para realzar la productividad de los bosques tropicales depende de los valores forestales, la idoneidad de los terrenos y las metas de producción. Este capítulo trata principalmente del ambiente físico requerido para la producción forestal y de cómo desarrollarlo. El interés reciente del público por los bosques agrega una característica específica del ambiente, la cual se discutirá en detalle en el capítulo 10. Es necesario reconocer, sin embargo, que alcanzar la productividad de los bosques tropicales, de manera que satisfaga las necesidades humanas en la escala apropiada, pasa por una modificación de los bosques y el establecimiento de plantaciones. Es imprescindible que tales modificaciones y nuevas prácticas sean aceptables para el público; por consiguiente, se deberán cumplir estándares silviculturales que perpetúen la productividad del recurso fundamental, el suelo. Además el público deberá entender no sólo lo que se está haciendo, sino también el por qué, y aceptar las probables consecuencias. Sin tal entendimiento y aceptación, la producción forestal no será efectiva ni se aplicará en la escala necesaria para cubrir la demanda del futuro.

Valores forestales

Se cree que la evolución inicial del *Homo sapiens* tuvo lugar en las orillas de un bosque tropical o subtropical (Leakey 1964, citado por Longman y Jenik 1974). Más tarde, las tribus penetraron en los bosques en busca de alimento y refugio en tiempos de conflictos. Por milenios, los bosques han desacelerado el movimiento del agua, precipitado sedimentos, capturado nutrimentos y depositado el suelo, del cual dependen los pueblos tropicales para su subsistencia. El potencial agrícola creado por los bosques determina el nivel de desarrollo que alcance una cultura humana (Meggers 1954). La presencia o ausencia de cobertura forestal podría decidir el destino final de los seres humanos (Sartorius y Henle 1968). La América Tropical sin bosques probablemente no habría podido sostener la vida humana.

La zona forestal más grande de América Tropical, las llanuras o tierras bajas del Amazonas, sólo han sido habitadas unos pocos milenios (Sioli 1973). Los habitantes evidentemente llegaron como cazadores y pescadores, recolectores de plantas alimenticias en las tierras altas, y adoptando la agricultura hasta un cierto punto (Sternberg 1968). Ya que eran poco numerosas, las tribus podían satisfacer sus necesidades sin afectar seriamente el ecosistema forestal. La explotación estaba

concentrada a lo largo de los ríos y en bosques tipo “varzea” (bosques anegados durante ciertas estaciones). Los ríos eran tan grandes que sus aguas digerían completamente los desechos humanos, y en muchas zonas hasta hace poco el agua de río todavía se podía beber sin peligro de sufrir infecciones intestinales (Sioli 1973).

La población de la América Tropical no sólo ha alcanzado una cantidad sin precedentes —399 millones en 1990 (Anón. 1993b)— sino que su crecimiento ha sido muy rápido, aumentando a una tasa anual promedio de 2,7% (Anón. 1976k). La densidad promedio de la población, 18 personas por kilómetro cuadrado, es parecida a la del África tropical (16 pers/km²), pero mucho menor que la de la zona tropical del Asia y del Pacífico (82 pers/km² (Anón. 1993b).

Los bosques y el ambiente humano. En tiempos antiguos, el bosque tropical proporcionaba un ambiente favorable donde los seres humanos podían habitar. Las zonas cercanas a los ríos y fuentes naturales de recursos alimenticios generalmente eran forestadas. A medida que la población aumentaba y la competencia entre tribus por los recursos se comenzaba a sentir, el bosque les proporcionaba refugio y protección. Los pueblos indígenas que subsisten en América Tropical todavía usan el bosque de ese modo. Los bosques tropicales proporcionan (además de madera), material para bardas, cestos, cordaje, ornamentos, canoas, almidón, aceite, alimentos de origen vegetal y animal, pegamentos, pigmentos, caucho, condimentos, medicinas y venenos (Fig. 2-1, 2-2; Levi-Strauss 1952).

Sólo recientemente los seres humanos han comenzado a descubrir la importancia del bosque como creador y conservador de un ambiente vital para la supervivencia humana (Poore 1976b). El bosque constituye una reserva de capital genético; en su interior permanece oculto el secreto de otros recursos naturales cuyos posibles usos aún se desconocen, además de oportunidades para su preservación, producción y utilización. Llegar a conocer el sinnúmero de especies protegidas por los bosques, además de donde ocurren, su comportamiento y posibles beneficios, es esencial para el uso completo de estos recursos. Sin embargo, en muchas zonas tales conocimientos se han perdido con la transición de los pueblos primitivos del bosque a sociedades modernas. Muchos bosques han sido destruidos antes de que se reconociera plenamente su posible utilidad.



Fig. 2-1.—*Los troncos de casi todos los árboles del chicozapote (Manilkara zapota) en México y Centroamérica han sido repetidamente sangrados para obtener el látex, base de la goma de mascar.*

Los bosques absorben y utilizan de manera productiva la radiación solar; mejoran al microclima reduciendo los extremos de la temperatura y la humedad disponible. Además, según Woodwell (1970) los bosques ejercen efectos significativos sobre el macroclima (equilibrio del carbono en la atmósfera), pero todavía no ha sido comprobado (Newell 1971). Los bosques absorben las partículas y sustancias nocivas de la atmósfera (Cliff 1973); pueden reducir el nivel de los ruidos; albergan organismos capaces de causar epidemias, enfermedades y pestes dañinas para los seres humanos, pero también otros organismos naturales que proporcionan medios para prevenir o controlar tales epidemias. Los bosques también actúan como depósitos efectivos aunque limitados de desechos humanos, algo que generalmente no se reconoce (van der Ploeg y Vlijm 1978). Cerca de grandes centros de población urbana se han usado deliberadamente sistemas de bosques naturales, tales como los manglares, para digerir y reciclar desechos. En resumen, los bosques tropicales sirven como amortiguadores gigantes y resistentes que reducen los extremos ambientales, y que, dentro de ciertos límites, compensan el daño causado por la intervención humana (Fig. 2-3).



Fig. 2-2.—*Los manglares proporcionan una fuente localmente accesible y muy productiva de postes derechos para la construcción.*

La gente recién está comenzando a comprender la red de la vida —las interrelaciones entre las especies— en los ecosistemas forestales. Estos nuevos conocimientos serán vitales para la preservación de muchas especies y para su propagación mediante el manejo humano (Budowski 1976).

La vida animal juega un papel esencial, aunque sutil, en el mantenimiento del equilibrio del bosque. Muchas especies de árboles desaparecerían si no fuese por la



Fig. 2-3.—*A pesar de la expansión urbana, los bosques siguen siendo compañeros valiosos en el norte de Puerto Rico.*

polinización y dispersión de semillas efectuados por la fauna. Además, la descomposición de la hojarasca forestal es, en parte, el trabajo de la microfauna. Los demás papeles que la fauna juega para preservar el equilibrio de los elementos menos conspicuos del bosque son probablemente vitales para el bienestar y poder restaurador de los ecosistemas forestales.

La fauna forestal proporciona beneficios sociales también. Para los cazadores, tanto primitivos como modernos, la fauna constituye un recurso no sólo alimenticio sino también deportivo. En todo el neotrópico, la mayoría de los animales y pájaros viven en el bosque. En la Amazonia, algunos agricultores efectúan la rotación de sus cultivos con base en un ciclo de 20 años (aunque los suelos se rejuvenecen cada 12 años) para permitir cultivos sucesivos más avanzados de la vegetación que benefician a la fauna del bosque (Posey 1982). A lo largo de los ríos principales, los animales acuáticos comestibles pueden depender grandemente, no sólo de la estabilidad de las orillas proporcionada por las raíces de los árboles, sino también de la comida proveniente de los desechos del bosque que caen al agua. La fauna silvestre del bosque tropical es estéticamente mucho más atractiva de lo que indicaría su uso actual; sin embargo, su conservación ya constituye una razón principal de inquietud entre el público.

Los ecosistemas del bosque tropical son muy eficaces en cuanto al uso y preservación de la energía y otros recursos y han desarrollado mecanismos intrincados para prevenir y reparar daños. Además, constituyen un campo de estudio científico provocador y prometedor. Los estudios de los ecosistemas forestales deberían rendir conocimientos que fomenten el progreso humano en muchos frentes distintos.

Los bosques y el agua. La contribución de los bosques al suministro del agua se atribuye comúnmente a algún efecto directo que estos ejercen sobre el volumen de precipitación. La magnitud de este efecto sigue siendo de carácter dudoso, por una parte, porque sólo se han intentado unos pocos estudios y por otra debido a que es difícil eliminar la variabilidad tanto del sitio como del tiempo. Los resultados sugieren que la mayoría de los efectos son de carácter local. El hallazgo de que gran parte de la precipitación de la zona occidental de la Amazonia es agua transpirada por los bosques a barlovento (Villa Nova *et al.* 1976), puede sugerir —pero no comprueba— que el volumen de la precipitación hubiera sido menor, si fuera resultado de la transpiración de otra vegetación diferente de los bosques, o si tal

evaporación hubiera provenido de zonas sin cobertura forestal.

En realidad, el efecto más importante de los bosques sobre el agua precipitada es la eliminación, una vez que la lluvia cae sobre el bosque. Parte de la precipitación es interceptada por el dosel del bosque y se evapora. La interceptación de la lluvia por parte del dosel del bosque varía con la densidad del dosel y la intensidad y duración de la lluvia. Si la precipitación consiste de aguaceros cortos y ligeros, toda el agua puede permanecer en el denso dosel forestal y evaporarse. Mediciones durante un largo período sugieren que, en bosques cerrados, alrededor del 15 al 20% del agua de lluvia permanece en el dosel (Kline *et al.* 1968, Lawson *et al.* 1981). Se ha discutido largamente si esta lluvia “perdida” beneficia o no al ecosistema. La evaporación enfría la vegetación y el aire, y se supone que reduce la pérdida de agua sobre el suelo por transpiración. La vegetación húmeda es de color más oscuro que la vegetación seca, y por eso absorbe más energía solar; esto sugiere que sin evaporación al menos parte de la energía requerida por el ecosistema no hubiera estado disponible (Satterlund 1972). Además, la difusión del agua interceptada requiere menos energía que la transpiración.

Estudios efectuados en la Amazonia brasileña demuestran que el 62% del agua desaparece con la evapotranspiración, el 90% de la cual se debe a un delicado balance de energía (Villa Nova *et al.* 1976). Debido a que el ciclo hidrológico está tan íntimamente relacionado con la presencia de bosques, la deforestación en general puede acarrear serias consecuencias.

La hojarasca que se acumula en el suelo del bosque absorbe el impacto físico de las lluvias torrenciales y la descarga suavemente al suelo (Fig. 2-4). Este efecto amortiguador impide, por lo general, que el agua se llene de partículas de tierra suspendidas que obstruyen los poros del suelo. Además, la hojarasca en descomposición enriquece el agua que penetra el suelo y transporta organismos que producen las capas superiores de suelo. Estos procesos son la contribución más evidente de los bosques al suministro de agua (Fig. 2-5). La eliminación de agua del suelo es mayor en bosques con árboles de raíces profundas y altas tasas de transpiración. Entre tormentas, los suelos forestales porosos son muy receptivos a las nuevas lluvias.



Fig. 2-4.—*Los bosques tienen una capacidad inigualable de promover la infiltración del agua de lluvia en el suelo, la cual alivia el peligro de inundaciones y descarga gradualmente un flujo constante y libre de sedimentos.*

El agua que cae durante las tormentas, generalmente recibida en torrentes, puede arrastrar la hojarasca y la capa superficial de suelo, si el agua no se infiltra rápidamente. Esta infiltración genera la vida misma del trópico. Es ella la que mantiene el bosque sobre el suelo, corre por sendas subterráneas para reaparecer gradual y continuamente como fuentes que alimentan arroyos, los que a su vez protegen y apoyan la vida acuática, el



Fig. 2-5.—*La descarga del agua de lluvia en suelos forestados de tierras altas maximiza el valor de los embalses aguas abajo, vitales para los centros urbanos.*

comercio, la irrigación y la vida urbana aguas abajo (Fig. 2-6). Es esta íntima relación entre los bosques y el agua aprovechable la que hace que el trópico sea habitable. Por consiguiente, los bosques tropicales proporcionan protección al suelo, una alta tasa de infiltración del agua y, donde el suelo es profundo, un buen almacén de sustancias retenidas (Pereira 1967).

Aún cuando el agua llega a los arroyos, sigue siendo afectada por los bosques ribereños. El crecimiento de árboles en las orillas de los ríos estabiliza los suelos; cuando hay inundaciones, la hojarasca del bosque sirve como alimento a la vida acuática, una fuente importante de alimentación para los seres humanos. Los bosques anegados retardan el movimiento del agua y, por lo tanto, precipitan sedimentos, capturan nutrientes y ayudan a la formación de depósitos de materiales en las orillas. En la desembocadura de los ríos y estuarios y a lo largo de los litorales relativamente protegidos, los manglares retienen sedimentos y proporcionan hábitat para una importante fauna terrestre, anfibia y marina.

Muchos ríos separan naciones o corren a través de más de un país. Por lo tanto, los beneficios del flujo de los ríos suelen constituir una preocupación internacional, que se expande para abarcar el interés de todas las naciones, uniéndolas en una red de interdependencia.

Bosques y suelos. La relación entre los bosques y los suelos tropicales se deriva de la relación entre el bosque y el agua. Los ácidos del humus que el agua de lluvia recoge a



Fig. 2-6.—*La construcción de carreteras de montaña y la deforestación muestran de inmediato cuán efectivo era el bosque en prevenir la sedimentación de este río en Sarawak.*

medida que pasa por el bosque aceleran la meteorización del material rocoso y otros procesos de formación de los suelos. El suelo del bosque (al absorber el choque producido por el golpeteo de la lluvia intensa) y el sistema radicular denso y profundo de los árboles reducen los deslizamientos de tierra. Estudios efectuados demuestran la superioridad del bosque en relación con cualquier otro tipo de cobertura vegetal (Lawson *et al.* 1981).

La efectividad de los bosques para controlar la erosión varía con el clima, el declive, la condición del suelo y el carácter del bosque. Los bosques más densos, cuyo suelo superficial permite el crecimiento de muy pocas plantas, quizás sean menos protectores que los bosques más abiertos, donde hay yerbas y pastos o árboles pequeños que mantienen la hojarasca en su lugar en las laderas o en sitios donde puede darse lavado por inundaciones. Los árboles de forma escurrente, las palmas en particular, tienden a concentrar la precipitación haciendo que se escurra a lo largo de su tallo. En los bosques pluviales, casi el 10% de la lluvia llega al suelo de esta manera (Lawson *et al.* 1981); este flujo de agua se enriquece con las partículas de corteza que arranca la lluvia y se depositan como nutrientes a la base del árbol, aunque también es posible que al precipitarse, el flujo concentrado cause erosiones severas, en casos extremos. Las prácticas silviculturales pueden atenuar estos efectos en sitios donde sean de gravedad.



Fig. 2-7.—El bosque que antes hubo acumuló suelos productivos para la agricultura; los árboles en lomas y bordes continúan protegiendo el ambiente para la agricultura.

Bosques y agricultura. Ya hemos indicado que los bosques protegen a la agricultura en los trópicos. En gran parte de la América Tropical, la extracción de madera de los bosques es una actividad integral de los agricultores, que les proporciona productos para el consumo local o de mercado. El empleo que genera el uso y la producción de madera está en consonancia con las tradiciones y requisitos de las regiones forestales, y esencialmente ayuda a la gente rural. Casi todos los suelos capaces de sostener agricultura en forma constante (o aún intermitente) son rezagos de los bosques, los cuales facilitaron la formación de los suelos. Los resultados son particularmente impresionantes en los suelos más productivos de la zona: fondos de valles llanos, arables y fértiles, al menos inicialmente. Un ejemplo de estos suelos son las zonas de varzea anegable en la Amazonia, usadas para producir cultivos de corto plazo (Sioli 1973). Si se crearan embalses para reducir el daño producido por las inundaciones a estos terrenos, dejarían de recibir los nutrientes que los bosques río arriba suministran (Fig. 2-7); por consiguiente, para el cultivo continuo de tales zonas, se deben construir canales para introducir de manera controlada el agua que contiene sedimentos (Sioli 1973).

Los bosques tropicales benefician a la agricultura de otras maneras. En general, son la única fuente de variedades de plantas autóctonas; no sólo de las que se producen ahora, sino también de muchas otras que posiblemente sean útiles. El valor de estos atributos aumenta, a medida que se debe intensificar la producción de alimentos, forraje y fibra. Ahora se están buscando, conservando y cultivando variedades de plantas nativas debido a las ventajas que acarrear.

A diferencia de los cultivos agrícolas, los bosques mixtos naturales rara vez sufren epidemias. Hace tiempo que la evolución y co-evolución de huéspedes, depredadores y parásitos en los bosques primarios han producido equilibrios que minimizan las fluctuaciones en las poblaciones de especies individuales dentro de los sistemas. Las tierras boscosas albergan organismos que podrían transformarse en plagas una vez labradas; pero, a la vez, tales bosques contienen mecanismos para el control de esas plagas. El uso máximo de tales controles biológicos es deseable cuando ocurren epidemias, por lo general, debido a razones financieras además de ambientales. Por consiguiente, la presencia de bosques nativos dentro de regiones agrícolas puede facilitar este tipo de control, fomentando la producción de alimentos. Desafortunadamente, se desconoce la ubicación óptima,



Fig. 2-8.—Los bosques tropicales de crecimiento antiguo generalmente se talan y queman por hallarse en sitios remotos, lejos de los mercados. El propósito no es obtener madera, sino usar el suelo para producir alimentos.

extensión, configuración y técnicas de manejo de bosques capaces de proporcionar controles biológicos de plagas en zonas no forestadas.

Los bosques adyacentes a los cultivos agrícolas también albergan insectos y otra vida silvestre esencial para la polinización de los cultivos. Los insectos polinizan la mayoría de los cultivos de vegetales, frutas y flores (Biswas y Biswas 1976).



Fig. 2-10. — En el neotrópico, el sangrado del látex para producir goma sigue siendo una industria forestal importante.



Fig. 2-9.—Los cultivos arbóreos como el café por lo general reemplazan al bosque, y si son bien manejados, pueden persistir durante muchos años.

La importancia del bosque como fuente de suelos agrícolas se demuestra con toda claridad en los sistemas de agricultura migratoria y prácticas asociadas, que mantienen a la casi totalidad de la población de los trópicos, cerca de 630 millones (Fig. 2-8; Nair 1980). El elemento esencial de la agricultura migratoria es que después de la cosecha, la tierra se deja descansar de 1 a 20 años o más. Durante ese tiempo, se recupera la productividad del suelo para otro período de cultivo bajo un bosque en recuperación, permitiendo subsistir a agricultores con poco dinero y herramientas primitivas, a partir de cultivos producidos en suelos cuya fertilidad se agota muy rápidamente (Watters 1971). El período de barbecho restaura el suelo por medio de los nutrientes que agregan la meteorización y la precipitación. Además, el desarrollo rápido de bosques secundarios protege el suelo anteriormente expuesto a la erosión, restaurando con rapidez su porosidad y capturando nutrientes que, de otro modo, serían eliminados por la lixiviación.

La tala y quema del bosque provee nutrientes para el cultivo agrícola siguiente. El cultivo repetido de algunos de los suelos más pobres de los trópicos, donde las laderas y propiedades físicas y químicas del suelo no favorecen el cultivo continuo de ninguna clase, demuestran la efectividad de esta práctica.

Cultivos arbóreos artificialmente establecidos, como café (Fig. 2-9), cacao, aceite de palma y caucho (Fig. 2-10) también han mejorado y mantenido la condición y

productividad del suelo. A diferencia de cultivos convencionales o del pastoreo, estos cultivos no agotan al suelo; al menos no tan rápidamente; algunas zonas han estado en producción continua durante 50 años o más. Una práctica ha sido plantar estas cosechas bajo un estrato arbóreo. La presencia de una cobertura ligera de árboles fomenta la conservación del suelo y limita el desarrollo de los cultivos del estrato inferior a un nivel proporcional a la disponibilidad de nutrimentos. El cultivo de una cobertura arbórea constituye una inversión sabia porque puede alargar enormemente el período productivo en tierras que de otro modo requerirían fertilizantes y otras medidas costosas de conservación del suelo.

Los efectos positivos de los bosques sobre la agricultura no están confinados a los trópicos húmedos. En zonas secas, los árboles pueden extraer la humedad de profundidades mayores que los cultivos alimenticios; su hojarasca reduce la evaporación superficial del suelo y proporciona nutrimentos que de otra forma no estarían disponibles en la superficie. El uso de árboles esparcidos (particularmente de especies leguminosas) sobre cultivos es muy común en zonas secas.

Los bosques como fuentes de productos. Desde el punto de vista biológico, los bosques convierten energía y nutrimentos en asimilados, un proceso llamado “producción primaria bruta”. Después de deducir la respiración, el crecimiento resultante de raíces, tallos, ramas y hojas se llama “producción primaria neta”. La producción primaria neta de los bosques tropicales (sobre el suelo) alcanza 30 t/ha/año (Anón. 1980e). Las plantaciones madereras, por otro lado, pueden rendir hasta 60 t/ha/año (Oudshoorn 1974).

La madera es una de las materias primas más útiles del mundo; es una materia versátil, de amplia disponibilidad y de relativamente bajo costo. Comparada con la mayoría de materiales, la madera es superior en cuanto a su resistencia en función del peso, su trabajabilidad y su apariencia mucho más atractiva. También, es más caliente al tacto.

El procesamiento de una tonelada de acero requiere 87 veces más energía que una de madera, y la de aluminio, 45 veces más (Makhijani y Lichtenberg 1972). Además, los productos madereros son biodegradables, y no presentan serios problemas ambientales para su eliminación. Tales ventajas han hecho que el consumo de madera, al menos en el pasado, sea

aproximadamente equivalente en peso al consumo combinado de todos los metales, cemento y plástico, aún en los EE.UU. (Cliff 1973).

Industrialmente, se usan tres grandes categorías de productos madereros: (1) madera sólida no estructuralmente alterada, (2) fibra, el complejo de celulosa en las paredes de células huecas, y (3) los componentes químicos de la celulosa, lignina y extractos.

La producción mundial de productos madereros en 1992 se estimó en 3477 billones m³, para un aumento del 19% durante la década (Anón. 1993b). De esa cantidad, 380 millones (cerca del 11%), fueron producidos en el neotrópico para un aumento del 20% durante la década (Cuadro 2-1). El 74% de esa madera se empleó como leña y carbón; proporcionalmente este rubro no muestra cambios durante la última década. Las exportaciones de productos madereros provenientes de los países de la región en 1992 se estimaron en \$2,2 billones de dólares estadounidenses, un aumento del 126%, en términos de su valor actual en dólares.

De los productos industriales de la región, la madera aserrada de especies no coníferas alcanzó 13,9 millones m³ en 1992, con exportaciones valoradas en US\$215 millones (Fig. 2-11). De mayor significado económico fue la producción de papel y cartón, con un total de 9,8 millones de toneladas y exportaciones por US\$867 millones, que significaron un aumento del 40% en la producción de los últimos diez años, y cuatro veces más el valor de la exportación en términos de dólares actuales. La producción de pulpa de madera aumentó un 56%, alcanzando 6,1 millones de toneladas en 1992, con exportaciones valoradas en US\$698 millones (Cuadro 2-1).

Sin embargo, los países neotropicales consumen más madera aserrada, enchapada y contrachapada de la que producen. En 1982, los países en desarrollo de América produjeron sólo el 3% de toda la madera exportada a nivel mundial, una porción insignificante de madera para aserrío y enchapado, pero el 19% de la madera aserrada y el 34% de láminas enchapadas (Fig. 2-12; Anón. 1984a).

Brasil ha sido tradicionalmente el líder en materia de producción de fibra en América Tropical. En 1982, ese país produjo casi tres millones de toneladas de pulpa y poco más de tres millones de toneladas de papel; pero

en 1992 producía 6 100 000 toneladas de pulpa y 9 800 000 toneladas de papel (Anón. 1993b).

Un indicador de la importancia económica de los bosques tropicales es proporcionado por el registro del Servicio Forestal de la India, que históricamente ha sido una de las agencias forestales públicas más efectivas del mundo. Esta agencia está involucrada en muchas formas de asistencia pública, aparte de la mera venta de madera; sin embargo, entre 1950 y 1960, tuvo ingresos superiores en más del 50% de sus gastos (Anón. 1960d).

La producción forestal, según se define aquí, es la cosecha de madera de viejo crecimiento, que constituye un patrimonio natural y no un producto del esfuerzo humano (Fig. 2-13). Este patrimonio se está erosionando en muchos lugares; sin embargo, con el manejo y el cultivo en muchos lugares se ha alcanzado un éxito extraordinario en la producción continua.

En los países neotropicales, el desarrollo de procesos que usan una mezcla de maderas tropicales en la fabricación de pulpa y papel ha reducido las importaciones de estos costosos productos forestales. Los problemas presentes para la expansión del uso de la celulosa son de naturaleza económica más que técnica (Kyrklund y Erfurth 1976). Una posibilidad es la utilización completa de los rodales naturales; otra es que las maderas livianas

de árboles de crecimiento rápido, provenientes de la regeneración natural, produzcan una pulpa tan buena o mejor que los primeros raleos de rodales naturales. La factibilidad de las plantaciones en la mayoría de las partes de la región depende, en gran medida, de los mercados de celulosa para tamaños intermedios o cultivos de rotación corta.

Además de los suelos, del agua que conservan y de los nutrimentos que almacenan, el bien más importante de los bosques tropicales ciertamente ha sido la leña. Más de 1,5 mil millones de gente a nivel mundial depende de la leña para cocinar y para calefacción (Anón. 1977b). Se estima que en Latinoamérica el consumo de leña varía de 0,36 a 1,03 m³ por persona por año (Arnold y Jongma 1979). En 1974, eso significaba un total de 240 millones m³; un octavo del consumo mundial total, o el 82% del total de madera consumida para todos los propósitos en la región (Arnold 1978). La madera proporcionó el 20% del consumo de energía total de Latinoamérica en 1974. En sus bosques, los países en desarrollo tienen un potencial de energía todavía sin desarrollar, el cual, bien manejado, podrá abastecer todos sus requerimientos de energía y proporcionar un excedente para la exportación (Earl 1975). Quizás todavía es válida una predicción de hace algunos años en el sentido de que si sólo el 5% de los terrenos deforestados en los países en desarrollo fueran plantados

Cuadro 2-1.—Producción y exportación de productos de madera en América Tropical en 1982 y 1992

Producto	Producción		Exportación	
	1982	1992	1982	1992
	Miles de m ³		Miles de dólares (US\$)	
Madera rolliza	316,500	379,900	— ^a	— ^a
Leña/carbón	233,200	280,400	— ^a	— ^a
Productos manufacturados	— ^b	— ^b	977,500	2,214,600
Madera aserrada (no conífera)	13,100	13,900	202,300	214,900
Tableros de madera	3,900	4,100	179,100	279,700
Hojas de enchapado	300	400	59,500	52,900
Contrachapado	1,500	1,500	62,800	127,300
	Miles de toneladas		Miles de dólares (US\$)	
Pulpa de madera	3,900	6,100	278,500	698,100
Papel y cartón	7,000	9,800	216,700	866,900

Fuente: Anón. 1993a.

^aInformación no disponible

^bUnidades no acumulables



Fig. 2-11. — La madera de las tierras bajas tropicales, por lo general se transporta a través de los ríos, como se ve en Panamá.

con especies forestales de crecimiento rápido, el mundo no tendría que enfrentar escasez de madera, ya que la deforestación está creciendo tan rápido como las necesidades por madera.

La madera consiste principalmente de celulosa y lignocelulosa; el 50% es carbón (C), 6% hidrógeno (H) y 44% oxígeno (O) (Earl 1975). Su valor calorífico es de 4,7 kcal/t secado al horno y 3,5 secado al aire; la

variación entre las especies es poco significativa. En comparación, el carbón bituminoso tiene un valor calórico de 6,9 kcal/t y 9,8 kcal/t los combustibles fósiles.

La leña es el combustible más barato disponible en gran parte de la región; no necesita almacenamiento, pero sin embargo, se puede almacenar durante largos períodos. Su producción requiere mano de obra intensiva, lo que puede ser, o no, una ventaja. Explotada de manera intensiva, puede hacer desaparecer bosques enteros, por lo que se requiere disciplina en el manejo. Puede ser de gran grosor, lo que dificulta el transporte y almacenamiento (Earl 1975).

Un análisis de la situación leñera hace algunos años en América Tropical demostró que las siguientes zonas están sufriendo escasez: Haití, el este del Brasil, El Salvador, el litoral del Perú y el altiplano de Bolivia (Anón. 1981f). Déficit de naturaleza menos crítica se dan en el norte de México, en Honduras, Cuba, Jamaica, República Dominicana, las laderas de los Andes desde Colombia a Bolivia y, en Trinidad.

En las extensas zonas deforestadas del hemisferio oriental la producción de leña en las plantaciones forestales ha tenido gran éxito. Una especie favorita es la *Casuarina equisetifolia*, un árbol de crecimiento rápido y madera densa. En Madras, India, este árbol, con una



Fig. 2-12. — Los grandes árboles de madera atractiva y peso medio proporcionan unos de los productos más valiosos de los bosques tropicales, el enchapado, manufacturado aquí en Sarawak a partir de una dipterocarpacea.



Fig. 2-13. — Típicamente, el interés único de la cosecha de madera tropical es la ganancia inmediata, a expensas de los árboles inmaduros que podrían cosecharse en el futuro.

rotación de 4 años, rinde de 200 a 250 t/ha de madera seca (Kaul y Gurumurti 1981). En Dahomey -ahora Benin- el combustible requerido por la densa población de una región muy poco forestada, ha sido suministrado por plantaciones de *C. equisetifolia* a lo largo del litoral del país (Buffe 1962).

La futura demanda por leña parece asegurada porque, en general, faltan sustitutos satisfactorios; por ello, se requiere una mayor eficacia en el uso de la leña. Las cocinas de fuego abierto consumen cinco veces la cantidad de leña que consumen las cerradas (Arnold y Jongma 1979). Mejoras simples en el diseño de las cocinas pueden aumentar el ahorro hasta en 70%. Otra alternativa es la conversión de los desechos de madera en carbón. Las plantaciones para leña, exitosas durante muchas décadas en India y en otros países, también pueden concentrar la producción y tener éxito si se ajustan a las tradiciones y conocimientos del pueblo.

La poca flexibilidad de los mercados de leña se aprecia en la India, un país muy poblado, donde el 80% de las necesidades energéticas rurales todavía se satisfacen con fuentes no comerciales. De esta cantidad, el 64% es leña usada principalmente para cocinar. En zonas donde escasea el combustible, las plantaciones de leña son preferibles a cualquier otro cultivo forestal. El consumo de cerca de 0,6 toneladas por persona por año es tan grande como en las zonas mucho más forestadas de la América Tropical (Kaul y Gurumurti 1981). Cocinar arroz en la India cuesta casi el 17,5 del contenido energético del arroz mismo (Revelle 1981).

El carbón de leña tiene un valor calorífico de 7,1 kcal/t, comparable con el carbón mineral; quema casi sin humo y mucha de su energía es emitida como calor radiante. Su baja densidad hace que sea frágil y necesite transporte y almacenamiento especial. Su uso en lugares cerrados crea la posibilidad de envenenamiento por monóxido de carbono (Earl 1975). El carbón de leña es un combustible común en las zonas urbanas de la región a nivel doméstico e industrial.

La elaboración del carbón de leña es particularmente apropiada para la sociedad tropical rural. Se puede efectuar a pequeña escala y reportar ganancias. La relación entre capital y mano de obra es baja, así que genera mayor empleo que muchas industrias. Utiliza destrezas comunes y requiere poca pericia gerencial o supervisora. Su ubicación en zonas rurales contribuye al equilibrio económico urbano/rural (Earl 1975).

En el futuro, la madera de los bosques será tan importante para los trópicos como lo ha sido en el pasado. Los países tropicales forestados importan productos de madera, pero el mundo desarrollado dentro de poco quizás tenga muy poca madera para exportarles. Se espera que la demanda por toda clase de madera, incluso para usos como leña y combustible para ciertos procesos químicos, ha de aumentar en los países desarrollados. Así, los países con abundantes reservas de materia prima mejorarán su posición negociadora (Mitchell 1978). La sustitución por otros materiales no es muy probable porque no existe suficiente energía barata para crear sustitutos. Se pronostica que entre 1980 y 2000, la demanda de productos a base de maderas tropicales aumentará un 110% a nivel mundial, 180% en los trópicos y 220% en el neotrópico (Pringle 1976).

Consecuencias del uso excesivo. La explotación excesiva de los bosques tropicales es común, debido principalmente a la tradición del libre uso. Donde los bosques son abundantes, el libre uso no ha sido declarado ilegal ni reconocido como un gasto innecesario (Hardin 1968). Las tradiciones de uso establecidas comienzan a considerarse derechos, generalmente antes de que el público o el gobierno se dé cuenta de lo desastrosas que son las consecuencias.

La sobre-explotación es grave porque los bosques tropicales son intrínsecamente frágiles. Aparentemente, los bosques en sitios húmedos muestran poderes extraordinarios de recuperación de las perturbaciones, regenerándose rápidamente en terrenos abandonados después del cultivo y cerrando los claros del dosel. Los bosques sometidos a una explotación selectiva o a la agricultura migratoria poco frecuente pueden, en general, no mostrar grandes cambios de apariencia. En un sentido cuantitativo, quizás parezca que soportan bastante bien, aún lo que parece ser un tratamiento abusivo. Su complejidad resulta, sin embargo, de una red de interdependencia entre componentes cuya evolución ha sido sincrónica. Perturbaciones en el delicado equilibrio entre organismos, aún mediante cosechas cautelosas y selectivas, pueden eventualmente simplificar el ecosistema hasta tal punto que su estabilidad se deteriora y su capacidad de autorregeneración se reduce. En un sentido estricto, se considera que los ecosistemas tropicales primarios, una vez modificados significativamente, ya no son recuperables (Gómez-Pompa y Vázquez-Yanes 1972). Aún si se dejara un período largo de protección completa, los cambios climáticos a largo plazo y otras

influencias, evitarían la restauración de un bosque esencialmente idéntico al bosque primario.

Una de las consecuencias más sutiles de la intervención humana en los bosques tropicales es la pérdida gradual de biodiversidad. Esta puede deberse, por ejemplo, a la cosecha directa de todos los árboles maduros (portadores de semillas) de la especie *Cedrela*, o a la caza de animales adultos. Aún más sutil sería el deterioro de los hábitats, o el hecho de que la intervención humana favorezca, sin advertirlo, el desarrollo de enemigos de cierta especie. Debido a que los requerimientos de hábitat, el parasitismo y la depredación son procesos todavía no estudiados en forma exhaustiva, tales daños quizás no se detecten. Por supuesto, si se necesitan al menos 10 000 individuos para conservar la gama genética de una especie (Poore 1976a), la declinación de tal especie, particularmente si su distribución es escasa, puede pasar desapercibida hasta mucho después que su población se haya reducido por debajo de ese nivel.

El efecto de la explotación maderera sobre la diversidad no puede ser medido puramente en términos de un cambio en la cantidad de especies vegetales. Ciertas especies de animales pueden verse particularmente afectadas por ciertas plantas que los biólogos reconocen como claves, desde el punto ecológico. Las especies de plantas claves pueden, por ejemplo, servir como fuente de alimento durante períodos en que otros alimentos preferidos no estén disponibles. Las evidencias indican que cantidades mínimas, tales como el 1% de estas especies claves, pueden ayudar a la mayoría de la fauna silvestre que se alimenta de frutos en los bosques húmedos; si la explotación maderera conserva ciertas especies claves, quizás no se reduzca la capacidad del bosque de alimentar a muchas clases de animales silvestres. Queda por comprobar, sin embargo, si las especies claves seguirían protegidas de pestes y enfermedades si aumentara la proporción de especies claves en el bosque, y si otros requisitos de las poblaciones animales, tales como el hábitat reproductivo, persistirían a pesar del tratamiento recibido por el resto del bosque.

Otra consecuencia evidente de la explotación excesiva del bosque es la disminución de la capacidad de producir madera comercial después de haber extraído los mejores árboles madereros y del consiguiente daño a las especies remanentes. Generalmente, la cosecha también provoca erosión por efecto de caminos

abandonados e inestables y de pistas de arrastre. La sobre-explotación continua reduce los rendimientos de madera para uso local y de exportación.

El uso excesivo de los bosques es evidente en los sitios donde los cultivos deterioran el suelo tan rápidamente que no producen en un período razonable. En las terrazas altas del Amazonas, por ejemplo, se cultiva por dos años seguidos por un período de barbecho de diez años lo cual permite un cultivo más de tipo tradicional (Sioli 1973). El cultivo de la tierra disminuye la infiltración del suelo, reduce la recarga de agua y aumenta el flujo de inundaciones, por lo que se pueden producir erosiones y derrumbes. El uso excesivo de los terrenos forestales ha acortado gradualmente el período del barbecho en ciertas zonas, hasta el punto que el barbecho no es suficiente para restaurar la fertilidad del suelo ni para regenerar un cultivo forestal aprovechable (Anón. 1977b). La restauración, entonces, se ve como una medida poco práctica, y la gente tiene que abandonar el sitio o continuar viviendo una existencia marginal. El resultado final puede ser una gran área desperdiciada e improductiva; condiciones que preceden a las hambrunas, enfermedades epidémicas y guerras civiles. Ejemplos existen en el África y en otras partes del mundo (Poore 1976b).

En el centro de Tanzania, la recolección de leña para una familia promedio requiere de 250 a 300 días hombre al año (Anón. 1977b). Una situación extrema se da en el Punjab de la India, donde los bosques sólo satisfacen el 1% de la demanda por leña; bajo estas condiciones, la gente rural, aunque consciente del impacto sobre la producción de alimentos, está forzada a usar el estiércol de vaca, tallos de maíz y otros desechos agrícolas como combustible para cocinar (Sagreiya 1946a, Singh y Randev 1975).

Como lo ilustran acontecimientos mundiales recientes, las consecuencias de una deforestación excesiva pueden ser de largo alcance. Se piensa que el crecimiento de los desiertos en el África (al sur del Sahara) son el resultado de los incendios en los matorrales, la corta de ramas para forraje, la deforestación, el pastoreo excesivo y la vegetación pisoteada por los animales (Delwaulle 1973). Estas prácticas provocan el deterioro de la vegetación natural restante y disminuyen el rendimiento de los cultivos, lo que a la vez, provoca el éxodo en masa de los habitantes.

Terrenos forestales y no forestales

El establecimiento de metas razonables para el uso de terrenos forestales requiere que se consideren primero las prioridades y los requisitos de uso de los terrenos no forestales y luego, que se efectúe una evaluación de los principales usos forestales. Un diagrama para la identificación de terrenos forestales y no forestales y su desarrollo se muestra en la Fig. 2-14.

Bosque versus agricultura. La producción de alimentos ofrece rendimientos más obvios y oportunos que la producción forestal. El crecimiento de la población no se equipara en todas partes con un aumento en la producción de alimentos (Cuadro 2-2).

Una consecuencia de esta tendencia es la deforestación continua, cuyo fin es explotar el suelo y los nutrimentos que se han reciclado de la vegetación forestal. Entre 1980 y 1982 la población dedicada a actividades agrícolas en la región neotropical aumentó en más de 2 millones de personas (Anón. 1993b). Los terrenos dedicados a la agricultura, tanto permanente como temporal, aumentaron en más de 65 millones de hectáreas entre 1970 y 1991 (Anón. 1993b). La agricultura con irrigación, que en gran parte depende del agua del bosque, aumentó en cerca de 2 millones ha entre 1981 y 1991.

Lo más difícil en la preservación de terrenos para la producción forestal a largo plazo es cómo protegerlos contra la producción de alimentos y forraje. Los bosques

crecen mejor en terrenos que, a la vez, son los mejores para la producción de alimentos y forraje. Así, la deforestación para establecer cultivos agrícolas podría parecer necesaria, aún cuando las prácticas agrícolas no hayan sido exitosas o duraderas.

Cualquier comparación entre el cultivo de alimentos o de forraje y el cultivo de madera generalmente acarrea una predisposición en contra de los bosques, porque los valores agrícolas no sólo son tangibles sino inmediatos, mientras que muchos valores forestales no lo son. Además, las investigaciones agrícolas han conducido a la intensificación de los métodos de producción, la cual no tiene paralelo en la producción forestal. A diferencia de los terrenos agrícolas, los bosques tienen muchos árboles de baja calidad, no comerciales y, por lo general, ningún árbol genéticamente mejorado. Los recursos forestales no son controlados, como tampoco el suministro de nutrimentos, las malezas, los insectos o las enfermedades. Si la agricultura tuviera estas desventajas tampoco sería económicamente atrayente. Al corregir estas deficiencias en el cultivo de cafetales en Puerto Rico (un cultivo forestal), aumentaron los rendimientos al menos en 12 veces (Wadsworth 1962). El rendimiento de la yuca en suelos podsólicos rojo-amarillentos del trópico húmedo aumentó casi un 60% con una aplicación modesta del fertilizante NPK, el cual mejoró también las propiedades del suelo (McIntosh *et al.* 1980).

La producción de alimentos está disminuyendo en más de la mitad de los países del neotrópico (Anón. 1993b);

Cuadro 2-2.—Producción de alimentos en América Tropical, 1972-81			
País	Índice de producción de alimentos per capita	País	Índice de producción de alimentos per capita
Brasil	115	Guatemala	92
Bolivia	114	Honduras	91
El Salvador	112	Perú	90
Colombia	110	Panamá	84
Ecuador	110	República Dominicana	84
Jamaica	110	Surinam	83
México	101	Cuba	81
Venezuela	99	Guyana	68
Paraguay	94	Haití	67
Costa Rica	93	Nicaragua	62
Fuente: Anón. 1993a			
Nota: El índice de producción de alimentos per cápita de 1969-71 fue 100.			

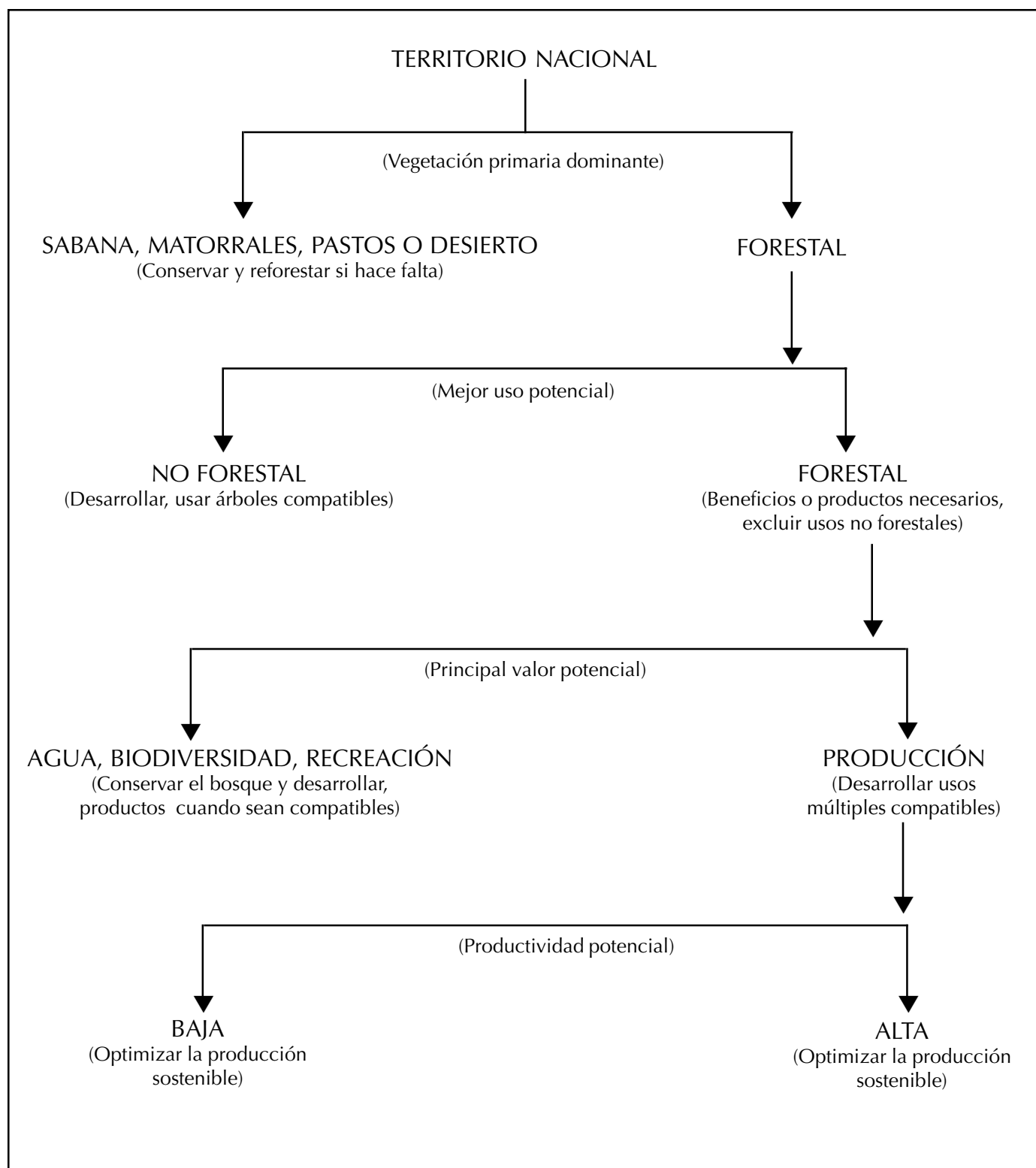


Fig. 2-14.—Secuencia esquemática para la identificación y tratamiento de terrenos para la producción de árboles y bosques.

por ello, cada vez hay más presión para que terrenos llanos y bien irrigados, con suelos profundos y apropiados para la labranza sean usados para la producción de alimentos y forraje. No obstante, si estos terrenos fueran manejados al máximo de su productividad, y fuesen protegidos de las grandes fluctuaciones en el flujo de los ríos por los bosques de las tierras altas, la mayoría de los países podrían producir la mayor parte de los alimentos y del forraje que necesitan y aún así, dedicar grandes regiones a la producción de madera y a otros beneficios forestales.

Desafortunadamente, los mejores suelos de la región no son totalmente productivos, por lo que se dedican terrenos menos apropiados para el uso agrícola. Los suelos demasiado pobres como para sostener un cultivo continuo pueden ser usados de manera temporal después que se tala el bosque, pues los nutrientes en los árboles se liberan al cortarlos (Fig. 2-15). La superficie requerida para alcanzar un rendimiento dado en ese tipo de terreno marginal es mucho mayor, ya que después de uno o dos cultivos, el terreno debe quedar en barbecho durante varios años. En las zonas montañosas, la erosión severa que resulta de esta práctica puede por último impedir el cultivo de los árboles mismos. En Cuba, por ejemplo, un país tradicionalmente forestado, la conversión de terrenos dejó sólo el 16% de la isla cubierta por bosques en 1990 (Anón. 1993a). Más del 80% de la isla de Puerto Rico fue deforestada con el



Fig. 2-15. — Las laderas recientemente deforestadas de Sarawak, generalmente se convierten en plantaciones de pimienta negra, un cultivo que genera ingresos en efectivo.

mismo propósito (Murphy 1916). Sin incentivos especiales, los agricultores dudan en adoptar prácticas que permitirían un cultivo continuo de los terrenos, aún cuando el barbecho haya sido evidentemente degradado por la reducción del período, y se hayan desarrollado y comprobado avances tecnológicos (Ward y Cleghorn 1964).

La expectativa de un mayor rendimiento financiero, mediante la producción de alimentos y forraje en vez de madera en los mejores terrenos, ha conducido a una deforestación extensa en los trópicos, en gran parte como resultado de una colonización deliberada y de proyectos de desarrollo rural. Tales proyectos generalmente tienen éxito en provocar la deforestación, pero su éxito es menor en cuanto a garantizar un apoyo continuo a los colonizadores a través de la agricultura. Como resultado, quedan abandonadas extensas zonas, una vez cubiertas por bosques exuberantes. Este hecho justifica que no se dejen a la agricultura todos los terrenos forestados que *a priori* parecen idóneos para la explotación agrícola. Un uso mucho más razonable sería intensificar la agricultura en terrenos que ya se han deforestado.

En la mayoría de los casos, la cantidad de bosques destruidos y la densidad de la población rural están directamente relacionadas (Poore 1983). La urbanización, por el contrario, se asocia con una deforestación de menor alcance. En zonas con poblaciones de bajas densidad, como la parte central del Amazonas, los bosques están menos amenazados que en las regiones más densamente pobladas de América Central. El sur del Asia se considera una excepción prometedora; allí se da un manejo forestal intensivo, forestería comunitaria y una agricultura intensiva de alta calidad, que permiten sostener una población rural muy densa con una baja destrucción forestal.

Holdridge (1959) establece las características climáticas que limitan la producción de alimentos y forraje, más que la producción maderera. Según él, la agricultura es más exitosa en regiones donde la precipitación y la evapotranspiración son más o menos iguales; o sea, en las zonas de vida húmedas y secas, en contraposición con las zonas muy húmedas y muy secas (Apéndice B). En la zona muy húmeda es difícil mantener la fertilidad debido a la lixiviación y la erosión; en la zona muy seca, el agua constituye una limitación. Si bien allí la agricultura migratoria es posible, los rendimientos serían tan bajos que impedirían el asentamiento de poblaciones permanentes.

Tosi (1975) considera que la zona de vida 'bosque húmedo' de Holdridge es de naturaleza óptima para la agricultura y ganadería. Sin embargo, aún allí la temporada de sequía puede abarcar hasta siete meses, en sitios donde un período de dos a cuatro meses es suficiente para causar deficiencias de humedad en cultivos sin irrigar y pastizales. Tosi menciona además que en las zonas de vida 'bosque muy húmedo' y 'bosque lluvioso', los excedentes de agua son tan grandes que la lixiviación reduce la fertilidad del suelo drásticamente. Aún los terrenos de pastoreo son de baja productividad debido a que el ganado pisotea los suelos anegados. En una región bien irrigada, como la Amazonia, el cultivo de arroz y maíz es dudoso porque dependen demasiado del capital y maquinaria, en una zona de agricultores inexpertos (Smith 1978). El cultivo multiestratificado de 13 especies de plantas usado por los Caribes bajo estas condiciones es menos riesgoso (Smith 1978), pero no significa una fuente de abastecimiento futuro de productos adecuados para el mercado urbano.

En terrenos pobres, las ventajas de los árboles sobre los demás cultivos es abrumadora, especialmente donde se obtienen bajos rendimientos y ciclos cortos de producción. Algunos expertos agrícolas reconocen que el cultivo permanente de árboles es más apropiado en sitios donde la precipitación es alta y los suelos pobres. Su más importante ventaja ecológica sobre los cultivos anuales es su valor protector.

Según Alvim (1981), el cultivo de árboles exige menos nutrimentos y tolera mayor acidez y toxicidad de aluminio que los cultivos agrícolas. El hecho de que exigen menos nutrimentos no sólo se debe al reciclaje de minerales —una función que las plantas anuales no pueden efectuar eficazmente— sino también a que los productos cosechados de cultivos perennes generalmente tienen menor valor nutritivo que los cultivos anuales.

Alvim enumeró sólo cinco cultivos agrícolas perennes recomendables para la Amazonia: caucho, aceite de palma, cacao, caña de azúcar y pimienta negra. Otros cultivos arbóreos que se pueden considerar son: guaraná, achiote, frutos de palma, palmito y madera del copaiba. El requerimiento de terreno para estos cultivos sería no mayor del 1% de la cuenca amazónica, dejando el resto de la zona libre para la producción de madera. Sin embargo, los cultivos perennes tienden a fragmentar el bosque, lo que quizás constituya un peligro más serio

para la seguridad de los bosques que la agricultura de subsistencia y los cultivos anuales (Gordon 1961).

En terrenos marginales, la producción de madera difiere del pastoreo de las siguientes maneras: (1) requiere más capital por unidad de trabajo y superficie de terreno; (2) produce mayores ingresos por unidad de terreno; (3) emplea más gente por unidad de terreno; y (4) es más sensible a las tasas de interés (Johnston 1966).

Se ha puesto en duda el manejo del pastoreo en suelos pobres del trópico húmedo. Pruebas simuladas del rendimiento probable en la Amazonia no permiten afirmar que ninguno de los sistemas (populares o fomentados) que se usan actualmente puedan asegurar rendimientos sostenidos (Fearnside 1979b). En climas más secos, el pastoreo no solamente es marginal sino que además puede dañar irreversiblemente al bosque, según lo indican los 1,7 millones ha de pastos lalang en Indonesia, consecuencia de la quema de los bosques. La reforestación de tales zonas ha sido difícil.

En terrenos apropiados para la agricultura, u otros terrenos usados para producir cultivos alimenticios, también pueden haber lugares remotos donde se pueden establecer bosques productivos. Por ejemplo, en el Punjab, donde el 80% de los terrenos se dedican a la agricultura, el 4% es forestado (Singh y Randev 1975); esta zona de 100 000 ha incluye 42 000 ha de franjas a lo largo de las líneas de ferrocarril, carreteras, drenajes y canales; otras 22 000 ha corresponden a pequeños bloques a lo largo de los ríos, y las restantes 36 000 ha se encuentran diseminadas entre los llanos y las colinas. Más de la mitad de estos terrenos forestales se conservan por su valor protector; sólo 0,15 ha per cápita se dedica a la producción de madera para uso humano.

La inexorable invasión de los bosques por cultivos migratorios y pastoreo, en suelos cada vez menos estables e improductivos, viene acompañada por una creciente miseria humana y la pérdida de la capacidad productiva de la tierra a futuro, tanto para cultivos agrícolas como, posiblemente, para cultivos forestales (Fig. 2-16). Por consiguiente, ha comenzado la búsqueda de alternativas capaces de asegurar rendimientos sostenibles. Estudios bajo condiciones favorables en el centro de Brasil (Watters 1974), han demostrado que una aldea de 145 personas, establecida durante 90 años, necesitaba 5500 ha de bosque (38 ha per capita) para sobrevivir. Los cultivos en el bosque quizás necesiten menos trabajo para producir una unidad específica de



Fig. 2-16. — *El uso excesivo de laderas antiguamente forestadas produce terrenos degradados, tal como se ve aquí en Haití.*

alimento que el cultivo en pastizales o la operación de un sistema agrícola permanente (Ward y Cleghorn 1964); sin embargo, quizás no haya tal disponibilidad de tierra en los bosques tropicales.

El manejo agroforestal surge como alternativa, el cual incluye el cultivo de productos agrícolas y forestales de forma simultánea o alternada en un mismo terreno; este tema se discute en el capítulo 8. La integración de cultivos simultáneos incluye plantaciones extensas y comprobadas como café, cacao y frutales bajo la sombra de otros árboles, y el uso de cultivos convencionales de árboles, como el caucho, la palma aceitera y la copra en combinación con alimentos y forrajes, e incluso forraje arbóreo para ganado. Un buen manejo del estrato arbóreo superior, que protege a los cultivos de alimentos o forrajes, ayuda a estabilizar la producción agrícola, alargando la productividad del período de cosecha o reduciendo el tiempo del barbecho. Pequeñas ganancias de este tipo pueden ser populares entre los agricultores y reducir la necesidad de talar más bosque; una ganancia de carácter secundario sería la producción de madera.

La sucesión integrada de cultivos agrícolas y madereros constituyen el sistema taungya, ya centenario. Este busca el establecimiento de plantaciones madereras entremezcladas con cultivos alimenticios en los primeros años. Este tipo de plantación busca producir árboles para otros usos diferentes de la madera, el espaciamiento puede o no permitir el cultivo continuo de productos

agrícolas o forrajeros bajo los árboles, dependiendo del potencial del sitio para los dos tipos de cultivos.

El sistema agroforestal es especialmente útil en terrenos que de otro modo serían marginales para la agricultura. En 1979 se decía que casi 49 millones km² de terrenos en los trópicos (65% de la superficie total) se encontraban en una situación de “agotamiento” (King 1979a). Cerca de 630 millones de gente (35% de la población total de los países en desarrollo) dependen de estos terrenos para su subsistencia. El sistema agroforestal constituye un método de producir madera y alimentos a partir de una misma unidad de terreno.

El sistema agroforestal podría ser muy importante para la identificación de terrenos que se podrían dedicar a la producción forestal. El sistema agroforestal no promete todos los beneficios de los bosques cerrados, pero sí es estable, puede reemplazar a la agricultura migratoria y definir los límites entre bosque cerrado y fincas. Aún si se emplearan los 630 millones de gente, el sistema agroforestal sin duda sería más provechoso en los terrenos agotados, lo que permitiría que los bosques secundarios permanezcan intactos. Tosi (1975) advirtió que las nuevas colonias deberían confinarse casi exclusivamente a las zonas húmedas (bosque húmedo); sólo bajo ciertas condiciones especiales del suelo se podría permitir que las zonas muy húmedas (anegadas) se consideren apropiadas para la agricultura o el pastoreo sostenibles.

La experimentación con sistemas agroforestales está en los primeros pasos; por ello no se puede predecir el volumen y la calidad de la madera que rendirán. Las fuentes de incertidumbre incluyen la adaptabilidad al sitio y el rendimiento de especies madereras bajo el sistema (en comparación con la producción simple de madera), la importancia (si la hubiere) de los árboles frutales como madereros, y el hecho de que el sistema sería aceptado únicamente por los que lo aplicarían si la madera fuera sólo un subproducto de la producción de alimentos o forrajes.

Capacidad de uso de la tierra. La selección de terrenos para la producción forestal debe basarse en las propiedades del terreno mismo y los requisitos de las distintas clases de explotación. Un primer paso en la planificación de una buena explotación sería el desarrollo y la aplicación de un sistema de evaluación de los terrenos. Young (1976) especificó que un sistema tal debería hacer lo siguiente:

- Evaluar los terrenos para usos específicos.
- Considerar otros usos físicamente posibles y económica y socialmente beneficiosos.
- Tomar en cuenta tanto la producción como los demás beneficios e inversiones o gastos necesarios.
- Considerar los efectos ambientales.
- Permitir la evaluación por etapas, de acuerdo con los propósitos e intensidad de la evaluación.
- Ser versátil, aplicable en superficies grandes y pequeñas.
- Producir resultados permanentes, independientes de las tendencias económicas actuales.
- Permitir que se hagan revisiones
- Presentar resultados en forma simple, que inspiren confianza en el público no especializado.

Poore (1976b) dijo que el éxito en la planificación del uso de la tierra depende de que se reconozcan los distintos intereses públicos y que sean categorizados con habilidad. La resolución de conflictos es esencialmente una cuestión de política. En el proceso de planificación, él recomienda una secuencia lógica: (1) identificar las principales áreas de interés público, (2) examinar los terrenos en función de su importancia para cada una de esas áreas, (3) comparar valores, y (4) resolver los conflictos. Para comprobar las bondades de cualquier acción se debe determinar la magnitud de su efecto en el bienestar humano; pero, según Poore, existen dos complicaciones para determinar el efecto de una acción: (1) muchos de esos efectos tardan tiempo en evidenciarse, y (2) los efectos pueden manifestarse lejos del lugar de origen.

El desarrollo y aplicación de sistemas de evaluación de la tierra recién se inicia en el neotrópico. Los parámetros climáticos, fisiográficos y edáficos fundamentales para tomar decisiones no han sido elaborados en todas partes y, donde existen, en general no son bien entendidos. Los mapas constituyen la base de la mayoría de las propuestas para la distribución de la aptitud productiva de los terrenos de la región. Además, la evaluación y planificación son procesos de largo plazo que sólo se pueden efectuar en etapas; sin embargo, hay una gran

presión que impele a tomar decisiones rápidamente para cumplir con necesidades inmediatas. Lo mismo sucede en las zonas templadas también. Por eso, la disposición de Young (1976), de que el sistema de planificación debe permitir revisiones a medida que aparezcan nuevos datos es de importancia crítica.

En la planificación del uso productivo de la tierra se usan dos tipos de criterios: (1) criterios físicos esencialmente constantes, y (2) criterios sociales sujetos a cambios en el tiempo. Los siguientes son algunos criterios específicos que ayudan a determinar si los terrenos se deben dedicar a la producción forestal, y si así fuera, los beneficios o productos más apropiados:

- Ambiente físico
 - El clima, particularmente la cantidad y uniformidad de la precipitación.
 - El suelo, particularmente su profundidad (capacidad de contener agua) y susceptibilidad a la erosión.
 - Fisiografía — particularmente valor escénico, laderas, contribución al posible uso del agua o inundaciones río abajo y accesibilidad.
 - Presencia y calidad de los bosques y características particulares, comparativamente escasas en otros sitios.
- Futuro ambiente social
 - Patrón de uso productivo del suelo y prácticas tradicionales.
 - Necesidades futuras relacionadas con el bosque, incluyendo las de poblaciones adyacentes y turismo.
 - Futuras presiones de la población humana: tierra para la producción de alimentos, uso del agua río abajo y suministro de madera, incluyendo las expectativas de exportación.

Como antes se mencionó, Holdridge (1959) indica que la agricultura sustentada en el agua de lluvia es más exitosa donde la precipitación y la evapotranspiración son más o menos iguales. Dubois (1971) aplicó otro criterio cuando fundamentó su recomendación para la producción de cultivos anuales, perennes, pastoreo, caucho, cacao, palma aceitera y madera, o para la agricultura migratoria, en la severidad y periodicidad de las inundaciones en la Amazonia. Holdridge (1976), con base en las evidentes presiones sociales, enumeró las zonas que con mayor probabilidad perderían sus

bosques en Costa Rica: (1) los llanos aluviales fértiles sin una estación seca marcada (las tierras bajas del Caribe), (2) los terrenos arables y fértiles con una estación seca larga, y (3) los terrenos montañosos de las laderas del Pacífico sujetos a sequías e incendios.

Plath y van der Steenis (1968), con base en datos disponibles sobre clima, suelos y pendientes, clasificaron las aptitudes de los terrenos de Centroamérica (Cuadro 2-3). A partir de este cuadro, pareciera que sólo el 38% de los terrenos deberían ser usados para propósitos agrícolas. El resto son zonas necesarias para propósitos residenciales, comerciales e industriales; pero lo mejor para la mayor parte de los terrenos sería que permanecieran bajo cobertura forestal. La categoría que Plath describe como “cultivos extensos” en zonas húmedas parece corresponder a las zonas donde la agricultura migratoria es sostenible. La parte de la subregión dedicada a la agricultura migratoria es, con certeza, mucho más extensa que eso, cubriendo grandes extensiones de terrenos clasificados como inapropiados para la agricultura.

El sistema de clasificación de la aptitud productiva de los suelos creado por el Servicio de Conservación de los Suelos de los EE.UU. (Norton 1939) ha sido sometido a prueba en América Tropical. Este sistema se basa en la productividad, drenaje y erodabilidad del suelo. Un estudio en la región andina y parte de las cuencas del Amazonas y del Orinoco en Colombia (Cortés 1977) demostró que sólo el 20% del terreno es apropiado para sostener cultivos anuales; un 30% adicional son terrenos llanos o con pendientes suaves y pobre drenaje, o terrenos excesivamente pedregosos, empinados o sujetos a la erosión. El 50% restante es apropiado sólo para bosques, pastizales de especies nativas u otra vegetación natural que protege las cuencas y la vida silvestre.

McKenzie (1976) estimó que el 5% del territorio de Venezuela es apropiado para cultivos anuales, 32% para pastoreo y 62% para manejo de bosques. De acuerdo con Luna (1976), el 39% del país debe permanecer bajo cobertura forestal; de esa cantidad, el 31% (12% del país) debería mantenerse principalmente por los beneficios que proporciona y no por los bienes y el 69% (27% del país) para la producción maderera.

En 1978, Kudela estimó que el 25% de Cuba debería permanecer forestada (sólo el 13% lo era en aquel entonces). Se ha recomendado como idónea para bosques, la mitad de la superficie total de Puerto Rico

Cuadro 2-3.—Capacidad de uso de la tierra en Centroamérica

Categoría del uso de la tierra	Superficie	
	(millones km ²)	(%)
Apropiado para la agricultura sostenible		
Clima más favorable (trópico húmedo)		
Cultivo intensivo		
Anuales	16	3
Perennes	4	1
Subtotal	20	4
Cultivo extensivo		
Anuales	6	1
Perennes	38	8
Con árboles	24	5
Subtotal	68	14
Total	88	88
Climas menos favorables	103	20
Total (apropiado para agricultura)	191	38
No apropiado para la agricultura sostenible (apr. para bosques)		
Climáticamente	115	23
De otro modo	193	39
Total	308	62
Total superficie terrestre	499	100

Fuente: Plath y van der Steenis 1968.

(Cuadro 2-4; Birdsey y Weaver 1982, Wadsworth y Schubert 1977).

Una conclusión común a la que llegan estos estudios sobre la aptitud productiva de la tierra es que grandes zonas que deberían permanecer con cobertura arbórea, son deforestadas, sobreexplotadas y abandonadas. La disparidad entre el ideal identificado por estos estudios y la realidad no debería relegarlos al olvido, pues conocer lo que es deseable reporta importantes beneficios; aún cuando esta disparidad está empeorando con el aumento de la población es posible dirigir la degradación a lugares donde se arriesga una menor cantidad de recursos y restaurar bosques en terrenos abandonados. La reforestación se puede centrar en zonas donde se logre un mayor valor agregado.

Una característica importante del estudio efectuado en Puerto Rico fue la identificación de terrenos donde

existen menos disputas en cuanto al uso, entre las agencias gubernamentales de desarrollo y los propietarios. Otra característica importante fue encontrar una actitud liberal en la expansión de la infraestructura (urbana, industrial y comercial) relacionada con el uso productivo de los terrenos; afortunadamente, esta actitud liberal y generosa resultó ser menor en función de toda la zona estudiada. Finalmente, los terrenos asignados a la agricultura fueron establecidos con base en una evaluación realista de los posibles mercados para los cultivos, de modo que en esta isla densamente poblada quedan grandes extensiones de terreno potencialmente disponibles para bosques. Teóricamente, más de un cuarto de la isla está disponible para beneficios intangibles; sin embargo, todavía es capaz de satisfacer con una tecnología comprobada, más de la mitad de la demanda por productos forestales proyectada para los próximos 25 años.

Control del uso de los suelos. El largo período que generalmente se necesita para producir bosques y cultivos forestales requiere que las inversiones se hagan donde no se vayan a perder por cambios arbitrarios en el uso de los terrenos. La naturaleza social e intangible de los beneficios forestales justifica la participación del gobierno para fomentar tal estabilidad. Puesto que el bienestar de naciones enteras y de sus culturas está en peligro, el pueblo tiene el derecho y la responsabilidad

de participar en las decisiones que afectan el futuro de los bosques nacionales.

Una consecuencia lógica de esta filosofía ha sido la reserva pública de bosques, particularmente los que se consideran valiosos por otras razones más importantes que la explotación inmediata de sus recursos madereros. Se han reservado bosques en la mayoría de los países tropicales del mundo, incluso en América Tropical. En el África Occidental, por ejemplo, entre 1929 y 1950 se crearon más de 600 reservas forestales en nueve países para un total de 146 000 km²; o sea, el 2,4% del territorio en cuestión (Bellouard 1952).

Sin embargo, Gordon (1961) advirtió del peligro que existe en reservar legalmente terrenos forestados que luego se consideran más apropiados para la producción de alimentos o forrajes. La responsabilidad de reservar y proteger terrenos forestados generalmente se deja en manos de agencias forestales gubernamentales. Según Gordon, los forestales podrían engañarse si creen que la mayor parte de los terrenos reservados en el pasado para propósitos forestales permanecerán en el futuro.

Los problemas inherentes al establecimiento de reservas sin tomar en cuenta el entorno social pueden ilustrarse con las experiencias sufridas en Venezuela. En 1950, en los llanos occidentales se reservaron acerca de 9370 km²

Cuadro 2-4.—Uso futuro potencial de la tierra en Puerto Rico

Categoría del uso	Principal uso sostenible	Superficie	
		(miles km ²)	(%)
Urbano	Residencial, industrial, comercial	100	
Cultivos agrícolas	Cultivo de alimentos y forrajes	345	
Otros terrenos rurales			
Mangles, pantanos	Bosques de protección	10	1
Precipitación >250 cm/año	Bosques de protección	43	5
Precipitación 100–250 cm/año			
Pendiente >60%	Bosques de protección	68	8
Pendiente <60%	Bosques de protección y productivos	202	23
Precipitación <100 cm/año	Bosques de protección	122	13
Subtotal		445	
Total		890	1
Resumen del uso forestal			
Protector solamente		243	27
Protector y productivo		202	23

de bosques (Veillon 1977). Debido a que gran parte de ese terreno es llano y bien irrigado, se inició el establecimiento creciente de campesinos con fines agrícolas y pastoreo del ganado (Luna 1973). Los esfuerzos del gobierno por controlar estas prácticas sin generar reacciones hostiles no han sido efectivos, y en consecuencia, se segregó parte de una reserva para la agricultura. Luego se permitió a los transgresores vender sus cultivos, lo que aumentó la presión. Para 1973, la Reserva de Turen casi había desaparecido (Luna 1973); el total de los bosques reservados se había reducido en un tercio a 6270 km² (Veillon 1977). Sin embargo, más de la mitad de la deforestación se ha dado en la zona premontana, donde la protección a las nacientes de los ríos es necesaria. En 1977, Veillon denunció que para el año 2000 desaparecerían la mitad de los bosques remanentes en la reserva. En el neotrópico, los bosques muy húmedos y húmedos existentes en 1992 abarcaban 6,80 millones km², un 22% menos de los 8,73 millones km² que originalmente había (Anón. 1993b).

En resumen, los terrenos forestales -definidos como los terrenos que se deben dedicar a los bosques, independientemente de si en la actualidad están forestados o no- constituyen una parte significativa de cada país en el neotrópico. Estos terrenos abarcan todos aquellos donde pueden crecer bosques, y que no se necesitan ahora o en un futuro próximo para otros propósitos. En la mayoría de los países, la deforestación, racional e irracional, restringe los bosques a terrenos que deben permanecer forestados por razones ajenas a la productividad maderera, tales como las siguientes:

- zonas inservibles para otros propósitos
- zonas de valor escénico ya en uso para propósitos recreativos y turísticos
- cuencas superiores lluviosas y empinadas, particularmente donde el uso actual del agua es crítico
- zonas inundables, áreas costeras y arbolados espinosos

En conjunto, estos bosques quizás no sean lo suficientemente extensos o productivos como para suministrar productos necesarios (ni se deberían usar para tales propósitos). Mientras puedan proporcionar beneficios forestales, constituyen un ambiente quizás estable, y su permanencia como bosques puede

garantizar otros beneficios a largo plazo. Pero, debido a que estas zonas tienden a ser marginales, tanto para la producción forestal como para la agricultura, quizás sea necesario contar con más terrenos para productos forestales. Por consiguiente, se deben investigar terrenos más favorables para determinar su posible rendimiento forestal.

Los bosques públicos reservados no garantizan la producción forestal. En el pasado, algunas reservas de una región se han dejado sin protección, olvidadas y perdidas. La mayor parte de los terrenos aptos para bosques son de propiedad privada, ocupados y demasiado caros como para que el gobierno piense en adquirirlos. Así, se necesitan incentivos para que los propietarios de terrenos conserven, manejen o reforesten sus propios terrenos. Tales incentivos deben asegurar una producción forestal continua. Este objetivo se puede cumplir parcialmente intercalando bosques y terrenos cultivados, pero el éxito depende, más que todo, de contar con buenos mercados y un esfuerzo serio de extensión que involucre a los propietarios de bosque y a las comunidades rurales.

Terrenos forestales: la repartición del uso

El requisito previo para un manejo intensivo del bosque, que promueva una producción creciente y sostenida, es que genere otros beneficios aparte del rendimiento del producto. El cultivo y manejo intensivo de una plantación requieren pericia técnica, y la mayor parte de los ingresos pueden beneficiar a los residentes rurales, con lo que se contrarresta la emigración a las ciudades. Del mismo modo, gran parte del procesamiento de la madera se puede efectuar con tecnología intermedia en zonas rurales. Un estudio en Australia demostró que la explotación y procesamiento de madera aserrada proveniente de plantaciones proporcionaban empleo continuo a un grupo de 6 a 26 personas por cada 10 000 m³ de producto (Greig 1979). Para la administración y servicios recreativos en el bosque solamente se empleaban de 4 a 7 personas por 100 000 días-visitante. A nivel mundial, la cosecha y procesamiento de madera industrial, más el trabajo silvicultural asociado y los servicios periféricos emplearon casi 75 millones de personas en 1963 (Sartorius y Henle 1968).

En el futuro, el manejo de bosques productivos se tornará progresivamente más complejo, involucrando la conservación de ecosistemas naturales, la supervivencia de especies, el flujo favorable de energía y materiales y la renovación orgánica, el valor escénico y las

consecuencias múltiples de la actividad humana en los bosques (Ovington 1974). Además, a pesar de la importancia de la economía en la toma de decisiones, debe de respetarse el estilo de vida de los individuos, familias y tribus cuyo patrimonio está arraigado en los bosques y terrenos aledaños. Sólo haciendo un uso completo de las habilidades, características, creencias y prejuicios de los pobladores locales se puede mejorar la productividad general de los terrenos (Beresford-Pierse 1962).

Nuestra preocupación en este libro es la producción forestal; por ello, un punto de partida lógico es identificar las zonas apropiadas para tal producción. A menudo se ha pasado por alto la importancia de este paso; sin embargo, este no es un proceso simple. La selección de terrenos debe comenzar con una revisión de los objetivos que se persiguen. A continuación se presenta una lista de los propósitos principales de los bosques, adaptada de Poore (1976b), la cual puede servir de guía en la selección: (1) apoyo a los pueblos indígenas, (2) avance en el conocimiento científico, (3) preservación del germoplasma, (4) conservación del suelo y agua, (5) instrucción al público, (6) recreación pública, (7) control biológico, y (8) producción de bienes, tales como la madera.

Todos los bosques tropicales sirven para más de uno de estos propósitos; sin embargo, no todos tienen las cualidades necesarias para servir varios propósitos con el mismo grado de eficiencia. Los distintos propósitos no son completamente compatibles, así que al proporcionar ciertos beneficios forestales, se limitan las oportunidades de obtener otros beneficios en la misma zona. La incertidumbre inicial generalmente tiene que ver con cuánto territorio se necesita para cada propósito, y cuántos propósitos se pueden servir al mismo tiempo en una misma zona. Ningún régimen fijo puede guiar todas estas decisiones. Debido a que el enfoque del proceso debe centrarse en objetivos a largo plazo, es prudente evitar, minimizar o postergar decisiones irreversibles que excluyen otras alternativas que más tarde podrían considerarse superiores. Las restricciones que más tarde se consideren innecesarias o excesivas pueden cambiarse con facilidad y la pérdida temporal del uso sería un costo menor.

La dedicación de terrenos para uso forestal debería ser tan liberal como factible para todos los beneficios previsibles. En los trópicos, se sabe muy poco sobre los tipos de bosques más apropiados para cada propósito y

la extensión de terreno que cada propósito requiere. Mientras tanto, cuanto mayores sean las extensiones de terreno que se preserven, tanto más seguramente se podrá satisfacer las necesidades futuras. Idealmente, debería haber un margen de seguridad para compensar posibles errores de juicio, y además, para cada zona se deberían proyectar múltiples usos compatibles.

El uso de la tierra debe planificarse racionalmente mediante un análisis integral de los recursos (Norton y Walker 1982). Una región se puede dividir en unidades de terrenos, homogéneas en cuanto a clima, tipo de suelo, pendiente, tipo de vegetación, hábitat o accesibilidad. Luego, se debe evaluar cada unidad para determinar su capacidad de ofrecer beneficios previsibles. La capacidad podría ser representada en una serie de mapas transparentes superpuestos, que muestren la idoneidad de cada unidad terrestre para cada tipo de uso. Al montar los mapas transparentes unos sobre otros, se lograría una imagen compuesta que muestre donde se pueden integrar los usos compatibles, o en qué sitios chocan menos los usos incompatibles. En la actualidad, los sistemas de información geográfica están revolucionando este proceso mediante la clasificación y superposición de distintas características de los terrenos en forma electrónica.

Las directrices recomendadas para la región del Amazonas (Dubois 1979) ilustran la aplicación de principios sólidos de uso de la tierra en una zona subdesarrollada: (1) mantener la mayor superficie posible bajo protección y sin modificación alguna, hasta que se conozcan mejor los ecosistemas, (2) concentrar esfuerzos en la consolidación de zonas ya colonizadas, (3) limitar las nuevas colonizaciones a las zonas de mayor fertilidad, (4) usar sistemas de producción semejantes a los de la naturaleza, y (5) dentro de las zonas colonizadas, determinar la aptitud de parte de la zona para el uso forestal.

Culturas que dependen de los bosques. Los recursos del bosque que deben acomodarse primero son los más vulnerables al deterioro irreversible por el maltrato. Existen culturas indígenas de características individuales únicas que dependen del bosque en gran parte de la América Tropical. Para la preservación de tales culturas, se deben de reconocer como zonas críticas los lugares donde las costumbres de las tribus forman parte íntegra del bosque y dependen en gran medida del uso consuetudinario de lugares, suelos, recursos de fauna y flora, migración estacional y rutas de transporte. Estos

pueblos generalmente constituyen una rica reserva de información sobre plantas alimenticias y medicinales, estrategias de supervivencia y conceptos sociales que deben ser preservados y que quizás sean útiles en otras regiones. La interacción entre las tribus del bosque y el mundo exterior casi siempre erosiona el delicado equilibrio que tradicionalmente ha existido entre las tribus y su ambiente natural (Poore 1976b). Por lo tanto, se debe controlar estrictamente la llegada de usuarios externos, incluso turistas y científicos, si se desea la supervivencia de tales culturas.

Estudio científico. El segundo recurso más frágil del bosque, la diversidad orgánica, parecería tener poco valor a primera vista. Sin embargo, los recientes estudios sobre la diversidad y dinámica de los ecosistemas muestran beneficios que, se prevé, son de largo alcance. La principal información generada evidencia las interacciones entre los sistemas vivientes como un todo, y entre sus componentes individuales y el desarrollo co-evolutivo del medio ambiente, interdependencia y simbiosis que han guiado, y podrían seguir guiando, a la sociedad humana en su búsqueda de formas de vida más armoniosas y duraderas en el medio tropical.

Las manifestaciones del avance evolutivo, vitales para el bienestar del ecosistema, se pueden apreciar en bosques donde el desarrollo conjunto de organismos se ha dado con poca perturbación de actividades humanas. En tales ambientes, debido a su larga estabilidad relativa, las relaciones ecológicas de causa y efecto son más evidentes y mejor desarrolladas. Por consiguiente, para efectuar estudios científicos no destructivos, deben preservarse sin modificación alguna las zonas autosostenibles de bosques poco disturbados, ubicados en unidades climáticas o edáficas claramente definidas. Tales zonas deben permanecer libres de perturbación humana a lo largo de un número indefinido de estudios sucesivos. Estas zonas deben ser lo suficientemente grandes como para tener un carácter autónomo, e idealmente deben estar protegidas por zonas de amortiguamiento para preservar especies raras y migratorias de la fauna silvestre. En ecosistemas complejos tales como los bosques húmedos tropicales, para tener una zona con carácter autónomo se requieren reservas de mayor extensión de lo que en principio se podría pensar (Terborgh 1976), o bosques continuos adyacentes. Las zonas forestales sin modificar también sirven como puntos de referencia para registrar cambios a nivel mundial a largo plazo. En algunos países y regiones ya es demasiado tarde para establecer reservas

ideales de tal magnitud, aún si la opinión pública pudiera ser movilizada para apoyarlas; sin embargo, bajo tales condiciones, siempre es conveniente reservar áreas representativas en cuanto a suelo o clima, aún si los bosques están muy modificados o no tienen cobertura forestal alguna, pues con el tiempo estas zonas gradualmente podrían revertirse a ecosistemas forestales con muchas de las características del bosque original.

Preservación de la biodiversidad. Un tercer beneficio de los bosques nativos es la diversidad de genotipos de especies útiles, o potencialmente útiles. Muchas plantas y animales esenciales para el bienestar de los ecosistemas naturales -alimenticias, medicinales, extractos útiles y animales estéticamente atractivos, o que pueden ser usados como alimento- se distribuyen escasamente a través de grandes extensiones de bosque tropical y su desaparición debe ser evitada. La dificultad está en determinar cuáles especies serán de mayor importancia en el futuro, hasta qué punto están en peligro de desaparecer y si son genotipos significativamente diferentes y en qué parte del bosque ocurren. Para la mayor parte de la región, no se cuenta con esta información, ni con los métodos para asegurar la preservación de todos los genotipos; por lo tanto, si se deben preservar las especies raras pero posiblemente útiles, es urgente ubicarlas y evaluarlas. La evaluación puede, de hecho, ser interminable a medida que se descubren nuevos valores potenciales de un recurso. La preservación de especies raras puede darse parcialmente con la reserva de zonas forestales; pero siempre es necesario determinar los requerimientos de hábitat de las especies críticas para lograr el manejo forestal sostenible. Si se integran correctamente, las áreas forestales reservadas para estudios científicos no destructivos podrían ser compatibles con las zonas usadas por grupos indígenas dependientes del bosque y las dedicadas a la preservación de la biodiversidad.

Conservación de suelo y agua. Un cuarto beneficio, la conservación del suelo y del agua, ha sido ampliamente documentado. La importancia de los bosques con respecto a la erosión y a la infiltración del agua se ilustra mediante los datos del efecto de tres tormentas sobre laderas con un declive del 20% en Cuba (Cuadro 2-5; Herrero *et al.* 1975). Particularmente impresionante es el gran contraste entre la erosión sufrida por bosques, pastizales y zonas cultivadas; la infiltración fue casi la misma en los pastizales no pastoreados y en los bosques, y menor en las zonas cultivadas.

Cuadro 2-5.—Influencia de la vegetación en la erosión e infiltración en los bosques tropicales de Cuba

Vegetación	Intensidad de la precipitación (mm/min)	Tasa de erosión (kg/ha)	Tasa de infiltración (mm/min)
Bosque de esp. latifoliadas de 40 años	3.3–3.5	10.4	3.4–3.5
Bosque de pinos de 40 años	2.0–2.3	2.2	2.0–2.3
Terrenos de pastoreo en desuso	3.3–3.5	7.3–115.6	3.3–3.5
Yuca cultivada, 3 meses de edad	2.1–2.3	1,591–4,874	1.7

Fuente: Herrera *et al.* 1975

La superioridad de los bosques en cuanto a la retención del suelo e infiltración del agua es mayor en las laderas empinadas, en suelos sueltos y bajo condiciones de precipitación muy intensa. Los beneficios de la cobertura forestal varían también con la magnitud del impacto económico de la erosión e inundaciones aguas abajo. Los bosques dedicados a la conservación del suelo y agua son, por consiguiente, de mucho valor en zonas lluviosas, pero también sean quizás esenciales para la estabilidad de los suelos en climas secos donde los chaparrones, aunque infrecuentes, pueden ser intensos. Particularmente críticas son las cuencas que sirven zonas de cultivos bajo irrigación actual o potencial en llanuras inundables, acuíferos en terrenos bajos y fuentes de agua para uso urbano e industrial. Los bosques dedicados a la conservación del suelo y agua también pueden usarse con otros propósitos, siempre que no se afecte su capacidad de protección básica. Este tipo de bosques, por ejemplo, pueden ser compatibles con el uso de grupos indígenas que dependen de los bosques, la preservación de la biodiversidad y el estudio científico no destructivo.

La importancia de los bosques para las orillas de los ríos es especialmente evidente a lo largo del Amazonas, donde una deforestación extensa en algunas zonas ha arruinado el agua de tal forma, que los organismos acuáticos han desaparecido y los vectores de enfermedades se han diseminado (Sioli *et al.* 1969). Buenas prácticas silvícolas, sin embargo, pueden prevenir tales consecuencias.

Ilustración al público. La totalidad de beneficios que un bosque ofrece no serán evidentes sin la participación y apoyo del público en general, incluso de gente que vive lejos del bosque. No puede esperarse que el público entienda el bosque si no posee un cierto conocimiento de primera mano en cuanto a los bosques y sus beneficios;

por ello, se debe promover que el público visite los bosques donde se demuestran tales beneficios. Así, se deben identificar, mantener y desarrollar bosques que sirvan a este propósito; buscar la participación de los jóvenes, especialmente los estudiantes; idealmente, los currículos educativos debieran considerar visitas a los bosques, además de instrucción e investigación forestal. Una red de sitios forestales educativos que muestren una amplia gama de beneficios forestales y cercanos a las ciudades para facilitar las visitas del público, sería de gran provecho. En Puerto Rico ya existe tal red (Fig. 2-17). Estas zonas deben demostrar los beneficios de un buen manejo en un área reducida para que los visitantes la puedan recorrer a pie. Además, deben ser manejadas de modo que sean completamente compatibles con la preservación de la biodiversidad y la conservación del suelo y agua.

Recreación pública. Acampar, explorar y visitar zonas forestales de gran belleza escénica y clima favorable son actividades terapéuticas reconocidas para una vida urbana cada vez más frenética. El término “vacación” significa literalmente ‘desocupar’, alejarse de la rutina. Para tal propósito, los bosques extensos son idóneos pues proporcionan aventuras y recreación menos extenuante. Los bosques recreativos deben ser razonablemente accesibles desde los centros poblados, y ofrecer instalaciones básicas para acomodar a los visitantes en una pequeña área, preferiblemente en la periferia. Un producto de la recreación forestal sería el mayor aprecio del público por los beneficios y necesidades de los bosques. Este tipo de bosque debe ser compatible con la conservación de suelo y agua y con la ilustración al público (Fig. 2-18).

Producción de bienes. Estadísticas recientes sobre el consumo de madera en la región demuestran la necesidad de producir madera y otros productos afines en los bosques tropicales (Cuadro 2-6). Entre 1982 y

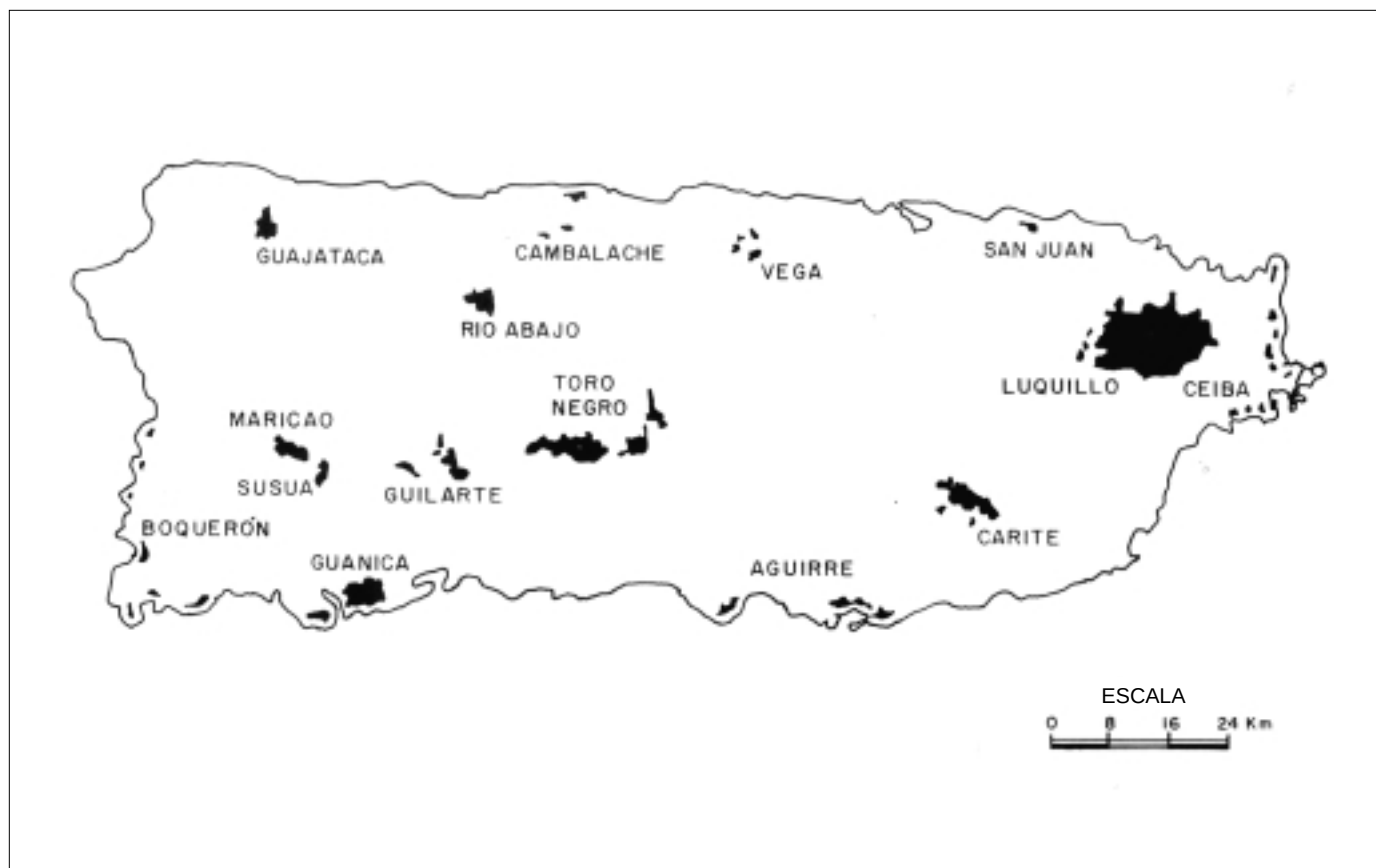


Fig. 2-17.—El sistema público de reservas forestales de Puerto Rico incluye diversos climas, suelos y ecosistemas.

1992 hubo un aumento superior al 20% en el uso de madera y 13% en el consumo de pulpa y papel (Anón. 1993b), aumento que probablemente ha de continuar. No obstante, FAO sugiere una reducción leve en el uso de madera, de 1,00 al 0,96 m³ per capita y de 45 a 42 kg en productos de pulpa y papel. Los terrenos forestales elegidos para la producción deben ser capaces de rendir cosechas repetidas de árboles de buena forma y crecimiento, donde la topografía y el acceso facilitan la extracción y el mercadeo. El área forestal requerida para cumplir con una demanda cada vez mayor puede ser sólo una pequeña porción del total del bosque, pero su tamaño debe aumentar con el tiempo, o aumentar la productividad, o ambos. Como mínimo, los terrenos forestales dedicados a la producción de madera deben ser adecuados para cumplir con los requerimientos proyectados a futuro, con base en la productividad esperada del manejo intensivo.

Al seleccionar terrenos para la producción de madera se deben reconocer los límites prácticos de la

productividad. Por ejemplo, en Bolivia los mejores bosques de caoba se encuentran en las tierras bajas, pero a la vez, estas zonas son también las mejores para la agricultura, la cual posiblemente sea el mejor uso (Scott 1961). En el otro extremo, las tierras de bosque seco del Brasil, los llamados “campos cerrados”, que Beard (1953) considera son el resultado de extremos de inundación y sequía en latosoles seniles, muestran evidencias de agua a 2-3 m de profundidad (Denevan 1965, Ferri 1961, Rawitscher 1950, Young 1976). Salvo que se produzcan incendios, sería posible establecer bosques en esa región; desde luego, habría que determinar la posible productividad de madera.

Las distintas condiciones de los suelos del Amazonas constituyen ejemplos intermedios. Dubois (1971) recomendó que los manglares se usaran para producir tanino; que los bosques de *varzea* sujetos a la influencia de las mareas se usaran para madera, palma aceitera, caucho y cacao; la *varzea* estacional para madera y forraje y los suelos superficiales de los *facies de igapó*



Fig. 2-18. — Con instalaciones simples en sitios de gran belleza natural se puede ofrecer recreación dentro del bosque, como este en Puerto Rico.

(bosque anegado durante largo tiempo) se usaran para madera. En tierra firme, Dubois propuso una combinación de madera, cultivos alimenticios perennes, pastoreo y agricultura migratoria. También se podría cultivar la nuez del Brasil (castaña del Pará). En la medida en que la producción de productos forestales requiere la modificación del bosque, este uso puede ser incompatible con la preservación de la biodiversidad y la recreación; sin embargo, debidamente integrada, podría ser compatible con el uso de grupos indígenas y la conservación de suelo y agua.

Integración de usos del bosque. La evaluación de los posibles beneficios óptimos de los bosques tropicales podría parecer inútil en vista de las dificultades sociales inherentes a la tala descontrolada de los bosques estatales, para establecer cultivos u otras formas de agricultura. Sólo con metas razonables se podría guiar la planificación del uso de la tierra. Por lo tanto, la planificación debe evidenciar la naturaleza y magnitud de áreas forestales sacrificadas en aras de otros usos importantes o inevitables, además de los sacrificios inherentes a cualquier cambio del uso forestal.

Debido a que ninguna zona puede producir todos los beneficios deseados, el papel de los bosques individuales debe ser determinado a través de compromisos. Cada uso posible rinde un distinto beneficio acumulado durante distintos períodos, y muchos beneficios forestales son difíciles de cuantificar económicamente. Un axioma es asignar un alto valor a

Cuadro 2-6.—Consumo de madera en América Tropical en 1992

Región	Consumo de productos de madera	
	Madera (millones m ³)	Pulpa, papel y cartón (milliones toneladas)
México	23.1	4.3
Centroamérica	31.2	.6
Caribe	11.9	.6
Trópico sudamericano	315.2	10.8
Total	381.4	16.3

Fuente: Anón. 1993a.

Nota: El consumo se calcula sumando las importaciones y la producción, y sustrayendo las exportaciones.

beneficios únicos o que requieren bosques que, una vez modificados, nunca más servirían al propósito original. Las zonas que más necesiten una protección total de las influencias destructoras externas (terrenos pertenecientes a las tribus, ecosistemas vírgenes y zonas de especies raras), quizás no sean las que ofrezcan un rendimiento económico grande e inmediato.

La incompatibilidad entre distintos usos de los bosques sugiere que ningún beneficio sería maximizado, aún en las zonas donde parecería ser el más apropiado. Por ejemplo, para preservar el suelo, la calidad del agua y el hábitat animal, debe reducirse la producción forestal.

Políticas de producción

Las actividades humanas pueden comprometer la productividad primaria, la biodiversidad y la estabilidad a largo plazo de los ecosistemas naturales. Cómo acomodar tales actividades sin una pérdida permanente de estos valores es un desafío ecológico de grandes proporciones (Farnworth y Golley 1973). La complejidad de esta cuestión no debe pasar desapercibida para el profesional forestal. Meyer *et al.* (1961) llegaron a la conclusión, hace muchos años, de que en pocas disciplinas los objetivos del manejo de los recursos serían tan difíciles de lograr, o los problemas tan complejos o los esfuerzos de tal magnitud, como en el manejo de los bosques. La razón fundamental para que el hombre intervenga en la producción forestal es que la naturaleza requiere de mucho tiempo para producir ciertos valores útiles para los seres humanos.

Laurie (1962) se refirió al gran homenaje que se le ha dado a la *biocenosis*, el equilibrio biológico y la armonía que existe en los bosques naturales, pero que no son útiles para la producción de productos forestales. Una silvicultura apropiada es un compromiso entre el respeto por la naturaleza y las consideraciones económicas a corto plazo (Smith 1962). Un bosque manejado, compuesto principalmente de especies arbóreas útiles, puede diferir radicalmente de la asociación clímax; y sin embargo, puede ser más vigoroso, más productivo y mejor protegido contra el daño (Smith 1962).

Los tratamientos que buscan un aumento inmediato del rendimiento, tales como la regulación de la composición del rodal, la estructura o densidad del rodal, reducen el grado de utilización del sitio (Spurr 1961). Pero, los tratamientos que afectan la productividad o el potencial genético de un rodal son efectivos sólo después de largos períodos.

La producción equilibrada de valores económicos y culturales del bosque requiere de mucho tacto en las regiones subdesarrolladas debido a la desesperada necesidad de obtener rendimientos financieros a corto plazo. Se han propuesto dos enfoques opuestos para la integración de estas metas (Dawkins 1964b): uno es manejar los bosques comerciales en función de todos los valores que ofrece. El otro enfoque es desarrollar la producción de madera en bosques que deben ser preservados principalmente por sus valores no comerciales.

Las políticas de producción deben reflejar el amplio espectro de necesidades que la producción forestal debe satisfacer en los trópicos. Una política tiene que ver con el énfasis relativo que se ha dado a los productos y servicios del bosque, pues pareciera deseable producir la mayor cantidad de madera requerida a nivel local con el fin de minimizar las importaciones. Sin embargo, también existe la necesidad de preservar ecosistemas representativos, hábitats silvestres naturales, o bosques de hermosos paisajes para la recreación y el turismo; objetivos no totalmente compatibles con la maximización de la producción de madera. La solución eventual, aunque no inmediata, no es la separación geográfica de los usos forestales sino su integración. El equilibrio apropiado depende hasta cierto grado de la conciliación, siempre que existan terrenos forestales disponibles. No hay una regla de aplicación general; las necesidades de cada país se deben considerar de manera independiente.

La segunda política tiene que ver con el grado en que la producción forestal atiende mercados nacionales o de exportación. La ventaja aparente de abastecer el mercado local puede ser parcialmente contrarrestada por el mayor rendimiento neto que ofrece la exportación de maderas finas. Por otra parte, por razones de seguridad nacional, no se debe depender excesivamente del comercio, tanto a nivel de fuente de abastecimiento como de mercado; por lo tanto, la solución óptima en estas circunstancias quizás sea una decisión política en la cual los rendimientos económicos constituyen sólo un factor entre otros.

Una tercera política se relaciona con la producción forestal en manos públicas o privadas. En la mayoría de los países de la región, el dominio de los bosques ha pasado del dominio público al privado. Las iniciativas del gobierno sirven principalmente para estimular la producción privada. En terrenos marginales, los rendimientos de cultivos madereros y empleos asociados también pueden ser financieramente atractivos, si se desarrolla una tecnología apropiada. Pero al público le interesan otros valores forestales no necesariamente económicos, tales como la rehabilitación del suelo y la biodiversidad forestal. Toda zona forestal de propiedad pública, por muy pequeña que sea, puede ser valiosa para objetivos sociales que no interesan a los propietarios privados, y como ejemplo de manejo forestal diversificado para mostrar a los mismos propietarios privados.

La cuarta política se relaciona con el grado en el que se pueden (o deben) efectuar usos múltiples en los bosques tropicales. Es imposible manejar un bosque a partir de alguno de sus valores sin aumentar o disminuir los otros. Sin embargo, quizás exista una gran ventaja en el manejo de usos integrados, en vez del manejo de un sólo objetivo económico, aún si hay costos financieros. El primer enfoque es más atractivo para los propietarios forestales públicos; el segundo es apropiado para los bosques privados.

La quinta política tiene que ver con las tendencias del rendimiento. Un principio básico del manejo forestal es la estabilidad del rendimiento. Si los rendimientos actuales caen por debajo del rendimiento potencial, quizás sea posible aumentarlos para que abastezcan las necesidades futuras de madera, o generen exportaciones significativas a nivel nacional. Toda meta de producción futura no debe exceder los niveles sostenibles; aprovechar por encima del nivel de sostenibilidad se

justifica solamente en tiempos de emergencia o si una catástrofe inminente pone en peligro la cosecha. Ni siquiera el aprovechamiento del primer ciclo, cuando se cosecha una gran cantidad de árboles demasiado maduros, debe exceder el rendimiento sostenible esperado.

Hay muchos argumentos para establecer como máximo el rendimiento sostenible. Las tendencias actuales de la tasa de explotación de productos del bosque tropical no muestran señales de declinación. Si no se aseguran los rendimientos futuros ahora mismo, es probable que en los años venideros haya una mayor escasez, muy superior a cualquier restricción que hubiera que aplicar en el consumo actual. El rendimiento sostenible ha sido criticado como de carácter incierto, pero no lo es; lo que sí puede ser incierto son los datos disponibles para predecir los niveles de rendimiento a futuro. Maximizar el valor actual de todos los beneficios forestales netos parece ser una base sólida para predecir el rendimiento sostenible a futuro; pero eso requiere una evaluación completa de los valores intangibles del bosque y los impactos sociales y económicos de rendimientos constantes, variables o declinantes (Pant 1977). Estos valores son tan inciertos que toda meta de rendimiento se debería establecer arbitrariamente en algún punto que se considere óptimo, y por más imprecisa que sea la forma de determinarlo, el concepto del rendimiento sostenible es fundamental para el manejo forestal. Si se aumenta el nivel de explotación, hay que asegurarse que ese aumento sea sostenible.

El concepto de rendimiento sostenible, sin embargo, es puesto en duda como objetivo de producción en bosques secundarios de calidad inferior a la de bosques primarios. Aunque los bosques secundarios quizás rindan la misma cantidad de productos que los bosques primarios, los productos no necesariamente son de la misma calidad. Además, la mayoría de las aspiraciones humanas en los trópicos son cortoplacistas; por ello, el hecho de sacrificar el consumo actual para alcanzar rendimientos sostenibles en un futuro remoto, se considera como fuera de la realidad del mundo en desarrollo (Leslie 1977). Sin embargo, tal realidad no va acorde con el futuro. Así, a pesar de la disminución continua de los terrenos forestales, el rendimiento sostenible debe ser un objetivo de la producción forestal; de hecho, este constituye la base fundamental de la ciencia forestal (Gentle 1987).

El principio de sostenibilidad no debe vincularse dogmáticamente con el tamaño y la composición de las cosechas iniciales de madera. El manejo forestal debe buscar rendimientos altos de los productos que más se necesitarán en el futuro, incluso árboles más pequeños y especies que ahora no están en uso. Ambos cambios son componentes legítimos de la futura productividad sostenible.

Protección forestal. La protección forestal comienza con la protección a los bosques existentes. Protección no quiere decir necesariamente impedir el uso o la modificación de los bosques. De hecho, el término “conservación” ha sido definido como “uso prudente” (Leopold 1933). Algunos bosques, según se ha indicado, están en terrenos que podrían ser mejor usados para otros propósitos. Sin embargo, todos los bosques, por su mera presencia, rinden ciertos beneficios: pueden ser los mejores y más baratos custodios del terreno. A menos que exista otro uso sostenible mejor como alternativa, lo más razonable es favorecer la protección y la conservación de los bosques existentes.

La protección de los bosques significa más que simplemente prevenir su destrucción. La mayoría de los valores forestales son sistémicos, por la contribución de un sinnúmero de organismos que interactúan para utilizar y almacenar energía y nutrientes que de otro modo se perderían. La protección, por lo tanto, significa la salvaguarda de este proceso, aún en bosques no inminentemente amenazados por la destrucción. La cosecha de los mejores especímenes de una o más especies de plantas o animales puede afectar severamente al ecosistema remanente. La presencia de desechos sólidos, líquidos o gaseosos provenientes de actividades humanas, también puede causar estrés en los bosques; por ejemplo, el uso de bosques pantanosos como vertederos de aguas negras y los gases emitidos por los vehículos a lo largo de carreteras principales.

El nivel preciso de protección es incierto, pues los requerimientos y recursos de los bosques no se conocen por completo, ni se han evaluado en detalle. La utilidad real de los recursos vegetales del bosque tropical se evidencia en la cantidad de especies, usadas con distintos fines, por los pueblos que han vivido durante siglos allí. Sólo en la región noroeste de la Amazonia se han encontrado 1600 plantas medicinales y alucinógenas (Schultes y Raffauf 1990). En la región del Caribe se han descrito 798 plantas medicinales (Liogier 1990).

Otros productos forestales incluyen látex, gomas, frutas, nueces, cañas y miel. Estos productos tradicionalmente son extraídos de los bosques naturales y han recibido muy poca atención. Algunas resinas oleaginosas, como el “elemi”, extraídas a partir de *Amyris*, *Canarium* y *Proteum*, se usan en la manufactura de barnices y pinturas, plásticos y tinturas para la imprenta (Tongacan 1972). El látex gutapercha, extraído del *Palaquium*, y la goma balata, extraída del *Manilkara*, son gomas inelásticas, resistentes a la pudrición, que se usan para aislar cables subterráneos o submarinos. El chicle, extraído también de *Manilkara*, es un ingrediente de la goma de mascar y está legalmente protegido en los bosques del sur de México. El tanino, anteriormente extraído de los manglares, se produce de manera intensiva en plantaciones de *Acacia* y *Albizia* (Tongacan 1973). El rattan proviene de varias especies de *Calamus*, enredaderas que viven en los bosques nativos (Fig. 2-19) y que se han propagado en la India bajo una rotación de 15 años (Ordinario 1973). La cosecha de la nuez del Brasil es tan importante para la economía brasileña como para instaurar una ley nacional que prohíbe la tala de los árboles maduros. El valor de la miel y cera de abejas en los bosques nativos de Tanzania justifica la preservación de grandes zonas boscosas (Tesda 1968). El Cuadro 2-7 (Krishna Murthy 1967, 1974) ofrece una lista parcial de otros productos diferentes de la madera provenientes del bosque que se aprovechan en la India.

Con toda certeza, en el futuro la sociedad humana habrá de desear que la diversidad de productos forestales sea mayor (y no menor). La preservación de la diversidad en la fuente misma de tales recursos exige la protección perpetua de los bosques, como si fueran grandes almacenes de conocimientos aún no descubiertos. Una protección tal requiere patrullajes para monitorear y prevenir el maltrato a los bosques. Una tarea más grande pero más satisfactoria es la de moldear la opinión pública para que, en vez de resistir, apoye la protección forestal. Esto requiere un esfuerzo continuo a gran escala y el uso de todos los medios disponibles para convencer especialmente a la gente de ciudad, de que los bosques son beneficiosos, no sólo porque producen bienes sino también para muchos otros propósitos.

El mismo grado de protección que se brinda a los bosques existentes, debe brindarse también a terrenos forestales sin cobertura boscosa, pues adecuadamente protegidos, la mayoría de estos terrenos pueden volver a ser bosques; algunos sin más inversión que la protección. Estos nuevos bosques pueden controlar la

erosión, restaurar la infiltración del agua de lluvia, almacenar nutrientes y desarrollar beneficios sistémicos. En un principio, se necesita protección contra incendios y pastoreo, principalmente; cuando los árboles alcanzan un tamaño utilizable, protección contra la explotación excesiva para leña y forraje.

La Convención del Comercio Internacional de Especies en Peligro (CITES) prohíbe el comercio internacional de ciertas especies de plantas y animales en peligro, a menos que no se arriesgue el carácter sostenible de su existencia. Actualmente forman parte de tal lista las siguientes especies de árboles de la América Tropical: *Abies guatemalensis*, *Balmea stormiae*, *Caryocar costaricense*, *Dalbergia nigra*, *Guaiaacum officinale*, *G. sanctum*, *Oreomunnea pterocarpa*, *Platymiscium pleiostachyum*, *Podocarpus parlatorei*, *Swietenia humilis*, y *S. mahagoni*.

Selección de productos. Los productos o beneficios que se desea obtener de los bosques son críticos para su manejo. La producción forestal abarca la totalidad de los beneficios, incluso intangibles, como el aprecio del público por las oportunidades recreativas y educativas que proporcionen los bosques. Un buen manejo forestal debe tomar en cuenta estos intangibles, pues en última instancia depende de ellos, los afecta y es afectado por ellos. Los bosques manejados como fuente de información ecológica sólo necesitan protección y acceso para las investigaciones. Los bosques manejados por sus especies raras deben recibir una protección



Fig. 2-19. — Diferentes variedades de rattan provienen de lianas de los bosques tropicales de la región del Asia y del Pacífico.

Cuadro 2-7.—Productos no madereros aprovechados en bosques de la India

Producto	Número de especies forestales ^a	Producto	Número de especies forestales ^a
Medicina	1,800	Celulosa	44
Alimento humano	280	Cultivos de cobertura	26
Tinturas	112	Venenos de peces,	
Fibras	100	pesticidas	24
Taninos	78	Bebidas	16
Aceites grasos	75	Cuentas	13
Forrajes	75	Abono verde	11
Gomas y resinas	75	Saponinas	10
Canastos y bastones	60	Látex	3
Aceites esenciales	44	Otros	>100

Fuente: Krishna Murthy 1967, 1974.

^aCantidad de especies diferentes usadas para cada propósito.

intensiva y ser accesibles para los estudios que puedan ayudar a preservar dichas especies. Los bosques usados para la educación o recreación del público necesitan tener un acceso seguro, instalaciones con los servicios necesarios, inventarios y controles de lo que se está exhibiendo y personal capacitado que asegure el uso adecuado y efectivo de las áreas.

La productividad de la vida silvestre quizás no sea el único objetivo del manejo forestal en muchas partes de América Tropical. Sin embargo, el manejo en general deberá asegurar el bienestar de la vida silvestre en el ecosistema. Todas las formas de vida animal juegan papeles significativos y a veces críticos en el ecosistema forestal, los cuales todavía no han sido suficientemente estudiados (p. ej. polinización, dispersión de semillas, descomposición y mantenimiento de la calidad del suelo). Los bosques albergan muchas especies de animales que desaparecerían si no persisten las condiciones necesarias.

Todos los bosques son significativos en cuanto a la conservación del suelo y del agua. Los bosques pueden dar una protección máxima al suelo y capturar la máxima cantidad de agua de lluvia, de la cual pueden extraer una cantidad máxima de energía, antes de descargar el agua que pasa a través de ellos (Hoover 1962). Estos atributos definen la necesidad de mantener ciertos bosques naturales sin perturbaciones innecesarias. En los bosques dedicados a la producción de bienes, la protección de las cuencas debería ser fun-

damental, en términos de las prácticas silviculturales y de aprovechamiento.

El uso directo más común del bosque es la madera y sus derivados. En los trópicos, el consumo de madera como combustible está en primer lugar, seguido por los productos de fibra, tales como el cartón y el papel, que aumenta rápidamente. Otros productos madereros de gran uso industrial incluyen: postes telefónicos y pilotes, madera de construcción, madera contrachapada y de enchapar, maderas para la construcción de muebles y gabinetes y maderas especializadas para tornería y fósforos.

El bambú es un material leñoso de uso limitado en el neotrópico. En Filipinas, el bambú se usa para la construcción de casas, vagones, enrejados, porta-remos, andamios, utensilios agrícolas, sombreros, canastas, sogas, trampas de pescar, esteras, muebles y papel (Fernández 1951). En Cambodia (Kampuchea), India, Indonesia, Paquistán y Tailandia también se usa para producir papel (Doat 1967).

Los bosques proporcionan leña para la mayor parte de la población del mundo. En 1992, se sacaron de los bosques del mundo unos 1,51 mil millones m³ de madera para ser usados como leña y carbón (Anón. 1993b). La demanda en el hemisferio oriental es tan grande, que se han mantenido plantaciones de *Albizia lebbek*, *Bauhinia variegata*, *Dalbergia sissoo*, y *Prosopis juliflora*, a costa de un gasto público significativo, con el

fin de producir leña (Misra 1960, Singh 1951). En Asia Tropical existe una larga historia de producción de leña, donde sólo quedan 0,03 ha de bosques per capita (Anón. 1993b).

En el neotrópico también se usa la leña en gran medida; particularmente donde la población se concentra en sitios de clima seco. Algunas de las plantaciones más extensas y mejor manejadas de la región son las de *Eucalyptus* en Brasil, establecidas para abastecer la industria del acero. Debido a que el precio del petróleo importado aumenta cada vez más, se calculó el rendimiento potencial de las plantaciones de *Eucalyptus* como combustible (Anón. 1979c). Con una rotación de cinco años, se espera un rendimiento anual de 12 500 toneladas de madera por 1000 ha; esa cantidad de madera rendiría de 2,3 a 2,5 millones de litros de etanol, de 1 a 1,8 mil toneladas de coque metalúrgico de alta calidad, 2000 toneladas de forraje y 1,4 millones kg de dióxido de carbono. A partir de este cálculo, se llegó a la conclusión de que dos millones de hectáreas de *Eucalyptus* plantadas en 1979 proporcionarían suficiente etanol para remplazar el 19% del consumo de petróleo proyectado para el país en 1984 (Anón. 1979e). Según Grut (1975), las plantaciones de *Eucalyptus* en Sudáfrica han convertido cerca del 0,5% de energía solar en combustible útil.

Los requerimientos energéticos de la región indican que la demanda por leña sigue en aumento. El total de energía consumida a nivel mundial en 1976 era de 27,7 mil millones de julios (Burley 1980c), de los cuales la madera suministraba sólo el 1% (Earl 1975); el 66% se consumía en África (Burley 1980c), el 29% en Asia y el 20% en América Tropical.

La provisión de madera para leña, de por sí limitada en zonas secas, ha llegado a un nivel crítico en casi todos los países neotropicales. Muchas zonas de la región tienen un abastecimiento deficiente, y otras sufren de escasez aguda.

Donde existen otros combustibles más eficientes, la madera y el carbón se usan con menos frecuencia. Por unidad de peso, la madera secada al aire tiene menos de la mitad del valor calorífico del combustible fósil y sólo dos tercios del valor calorífico del carbón. Sin embargo, en los trópicos, la madera es el combustible más económico porque su costo consiste principalmente de la mano de obra; por consiguiente, el lugar de la madera para leña en la producción forestal a futuro parece

asegurada en los trópicos. Los combustibles alternativos suben de precio más rápidamente que la leña y generalmente son importados.

Los objetivos de las plantaciones energéticas valoran tanto la calidad como la cantidad. El valor calorífico de la madera aumenta con la densidad (una correlación de +0,99 por caloría por centímetro cúbico) (Doat 1977). Los valores máximos encontrados en maderas de Surinam fueron 1940 cal/cm³ para *Cecropia surinamensis*, la cual tiene una gravedad específica de 0,42, y 5000 cal/cm³ para *Tabebuia serratifolia*, que tiene una gravedad específica de 1,04 (Doat 1977).

El contenido de humedad de la madera es crítico para el calor neto disponible, porque eliminar la humedad consume calor. El rendimiento calórico neto de una madera con un contenido de humedad del 60% es aproximadamente un tercio menor que el de la madera con 20% (Murphy *et al.* 1981). Por consiguiente, el uso de madera verde puede anular los posibles beneficios que provienen de estimular el crecimiento forestal mediante tratamientos silviculturales (Cuadro 2-8; Anón. 1980g).

Los bosques húmedos tropicales pueden contener en 1 ha la energía térmica equivalente a más de 50 000 litros de petróleo (Catinot 1974). Las plantaciones de *Eucalyptus* en Brasil, que rinden de 30 a 40 m³/ha/año, producen una energía térmica equivalente a 5000-5500 litros de petróleo/ha/año.

Earl (1975) presentó muy buenos argumentos para el establecimiento de metas nacionales de producción para las plantaciones para leña en los trópicos. Indicó que si bien en zonas de bajos ingresos y escasa disponibilidad de combustibles, los rendimientos financieros de las plantaciones para leña son marginales, los beneficios sociales son muy grandes. De hecho, si se contrata a trabajadores subempleados y se les paga el sueldo que las instituciones forestales están obligadas a pagar, ese sueldo constituye en efecto un subsidio. La producción de madera para leña ocupa mucha mano de obra; por eso los sueldos pagados repercuten directamente en el sector rural.

El valor de la madera como sustituto de otros combustibles se ilustra gráficamente en un país tan densamente poblado como la India, donde se quema el estiércol de vaca como combustible. El estiércol como fertilizante tiene un valor de casi el doble que como fuente directa

Cuadro 2-8.—Efectos del contenido de humedad en el valor calorífico de la madera

Contenido de humedad ^a (%)	Valor calorífico (kcal/m ³)	Pérdidas por humedad (%)
0	4,670	0
20	3,780	19
40	3,160	32
60	2,710	42
80	2,380	49
100	2,070	56

Fuente: Anón. 1980g.

^aCon base en el peso seco.

de calor, pero sin embargo se lo quema debido a la escasez de leña (Sagreiya y Venkataramany 1962). Según Foot (1968a) para reemplazar el estiércol por leña en la India se necesitaría aumentar la producción de madera en 3,4 millones m³/año.

Las fuentes de leña dependen en parte de la presencia de otras industrias forestales. Donde hay una demanda por madera de aserrío y pulpa, las virutas se pueden vender como excedente para calefacción, aún si solamente representan el 10% del volumen de madera, o el 35% del volumen de pulpa. Así, sólo la madera no aceptable para estos otros usos se vende como combustible (Murphy *et al.* 1981). Además, las industrias de pulpa y aserrío crean residuos de bajo costo (tanto en el bosque como en el procesamiento) equivalentes al 50-70% del volumen de los árboles talados. Por consiguiente, la factibilidad económica de producir energía a partir de la madera pocas veces es de aplicación general; es necesario analizar caso por caso. Los cambios en el precio de los combustibles fósiles hacen necesaria una reevaluación periódica del potencial de los bosques como productores de energía.

Aparte de la leña, el producto de madera sólida más usado en el trópico son los postes para cercas. En las áreas ganaderas de leche y engorde es inteligente considerar entre los objetivos forestales la producción de postes para cercas. Las plantaciones se pueden establecer con espaciamientos cortos para obtener de un gran volumen de postes en los raleos. Los ingresos que genere la venta pueden aplicarse a la amortización de las inversiones que la plantación demanda. Para el

establecimiento de cercas vivas se necesitan especies de árboles que rebroten con facilidad y que sostengan de manera permanente los hilos de alambre. Pero, tales árboles sirven solamente en ciertos tipos de cercas, así es que siempre habrá mercado para postes.

La presencia en los bosques tropicales de maderas para la elaboración de muebles, de calidad superior a las de la zona templada ha provocado la exportación en gran escala. La madera de alta calidad para muebles proviene de tablas anchas de troncos de gran diámetro, o de hojas de enchapado obtenidas a partir de grandes troncos. Por eso, los tratamientos silviculturales del pasado privilegiaban la producción de grandes árboles. El propósito del manejo era distribuir el aprovechamiento del bosque primario a lo largo de un período suficientemente largo como para permitir la maduración de los árboles adolescentes, o el crecimiento de una nueva generación. Los datos de crecimiento demostraron que rotaciones de hasta 80 años serían necesarias para producir árboles con una medida de 90 a 120 cm a la altura del pecho, diámetros a los que se habían acostumbrado los importadores. Las famosas plantaciones de teca en Nilambur, India, han sido manejadas para producir con rotaciones de 80 años. Wyatt-Smith (1959) predijo una rotación de 70 años para su sistema uniforme en Malasia. El plan de manejo de los bosques naturales de Uganda también usa un sistema de rotación de 70 años (Dawkins 1958g).

El hecho de que sólo existían unos pocos árboles grandes comerciables en los bosques mixtos generó la pregunta de qué hacer con un volumen en pie del 90 al 95%, para el cual no había mercado. Las mejoras en el acceso, el aumento de la población y el mejor conocimiento de maderas poco usadas han creado mercados para una mayor cantidad de maderas tropicales. En algunas partes, existen mercados locales para la fibra del 90% de las especies arbóreas (Frisk 1979). Se han estudiado las propiedades y los posibles usos de cientos de maderas (Berni *et al.* 1979, Chudnoff 1984, Maineri *et al.* 1983). Este conocimiento ha abierto las oportunidades para el uso de más bosques naturales, la aceptación de una mayor cantidad de opciones, tales como la regeneración satisfactoria, las rotaciones más cortas y la extracción de productos intermedios. Particularmente significativo para este cambio ha sido el crecimiento del mercado de la celulosa; la madera de géneros de crecimiento rápido, como *Eucalyptus* y *Pinus*, son apropiadas para este mercado.

En relación con las rotaciones cortas, Baskerville (1966) advirtió a los profesionales forestales que no deben suponer que los madereros cosecharán el volumen máximo que una plantación pueda producir. Todos los procesos conocidos para la manufactura de madera son lineares; por eso, trabajar con árboles pequeños es más caro que trabajar con los más grandes. Las ganancias, por lo tanto, son directamente proporcionales al tamaño del árbol.

Un objetivo fundamental de la producción forestal tropical ha sido satisfacer las necesidades de madera de las aldeas rurales, una práctica que comenzó en la India en 1873 (Kapoor 1961), con el fin de eliminar el uso del estiércol de vaca como combustible. Se eligieron zonas para establecer bosques comunales donde la escasez de leña era aguda y había buenas expectativas de cooperación. Las zonas muy erosionadas y los bosques existentes se protegieron del pastoreo, y se establecieron protecciones contra incendios. También se utilizaron otros terrenos como los bordes de las carreteras, orillas de canales y cercas de los campos (Kapoor 1961). Se incluyeron además, árboles de sombra y plantas de jardín. Los bosques de las aldeas generalmente abarcan una extensión de 20 ha o más. Las especies de árboles incluyen *Prosopis* spp., *Casuarina* spp., y *Dalbergia sissoo* (Kaul y Maun 1977). El éxito de tales empresas depende de la cooperación y participación de los líderes del pueblo (Phillips 1961).

Las tendencias previsible del mercado de productos forestales y los requisitos sociales para los beneficios forestales deben determinar las metas nacionales con respecto al tamaño y tipo de bosque requerido. Lamb (1968c) vio la necesidad de metas de producción, directamente relacionadas con las futuras demandas, incluso las de exportación. Indicó que los bosques altos tropicales constituyen una fuente de maderas valiosas que no pueden producirse en ninguna otra parte del mundo. Los suministros ahora están seriamente agotados. Las presiones de las poblaciones hacen que en muchos países se busque producir madera en cada hectárea disponible y apropiada. La tendencia del consumo de la madera tropical se está apartando de los productos especializados para dirigirse más hacia la producción en gran escala. Sin embargo, la gran belleza y el valor decorativo de las maderas tropicales quizás continúen la demanda por productos especializados de madera tropical (Erfurth 1976).

Metas de producción. La producción forestal, como un cometido a largo plazo, requiere la definición de objetivo a largo plazo, quizás muy distintos entre sí y extensamente separados en el tiempo. El establecimiento de objetivos involucra ciertos factores relacionados sólo indirectamente con los bosques, pues se deben integrar consideraciones sociales, económicas y silviculturales. Hasta que no se definan los objetivos, ningún esfuerzo de producción forestal a gran escala, público o privado, será manejado correctamente.

En el pasado, la presencia o ausencia de una cobertura forestal determinó el destino de sociedades tradicionales (Sartorius y Henle 1968). La mala fortuna que han sufrido los pueblos tropicales se debe menos a insuficiencias de la naturaleza que a errores de la sociedad. Hay potencial para mejorar la deforestación tropical y sus consecuencias, a través de cambios que la sociedad misma desea. Para lograr este cambio, el enfoque de la planificación forestal se debe centrar en metas de alcance muy amplio (King 1968b).

Como observó Miller (1975), en esa época el manejo forestal tuvo la oportunidad de participar en empeños mundiales destinados a lograr el uso sostenible de los recursos naturales necesarios para la vida. Las iniciativas identificadas incluían asegurar la protección de las especies y terrenos forestales, determinar las estrategias de conservación, implementar prácticas adecuadas para satisfacer las necesidades de la población rural y restaurar los terrenos agotados.

La conservación requiere de la protección forestal legalizada, pero eso no es suficiente. Se estima que los parques y reservas naturales establecidos legalmente en Sudamérica abarcan 489 000 km²; casi tres veces la superficie reservada para ese propósito en los EE.UU. (Mares 1986). Sin embargo, gran parte de estas zonas no son productivas ni están adecuadamente protegidas. Para realzar la productividad forestal, además de la protección legal es necesario el manejo.

Las metas de producción forestal deben coordinarse a nivel mundial, ya que el interés propio de todas las naciones en materia social y económica inevitablemente está fusionado con el de todos los demás. En cada país, se debe coordinar la productividad forestal dentro del contexto de la economía local, considerando a la población, los terrenos, los alimentos, los demás

recursos y las tradiciones. La interacción de estos factores decidirá los objetivos nacionales de la productividad forestal.

En la planificación nacional, generalmente se subestiman los valores sociales y económicos de la producción forestal. La contribución de la madera a la producción nacional bruta en cualquier país (generalmente inferior al 10%) es poco realista (Sartorius y Henle 1968). La producción y procesamiento de madera se realiza en empresas multifacéticas que requieren muchos empleados y afectan a industrias relacionadas. Por consiguiente, inversiones para producir y procesar madera tienen una mayor influencia en la economía de lo que generalmente reflejan las estadísticas.

Tampoco se reconoce el posible aporte de la producción maderera a la balanza de pagos de las naciones en desarrollo. Los países en desarrollo enfrentan condiciones de comercio desventajosas que pueden ser aumentadas por el uso de navíos extranjeros. Además, el desarrollo del país se ve afectado también por el empleo de divisas en la importación de productos forestales que podrían ser producidos localmente. Las importaciones significan gastos repetidos, en tanto que para el procesamiento de materia prima local se requiere de un solo gasto inicial, aunque posiblemente mayor al inicio. Probablemente, ningún producto ofrece una mejor oportunidad para la inversión nacional, que favorezca una balanza de pagos más sana que la madera producida en el país mismo.

Las comparaciones tradicionales de costos y beneficios tienden a subestimar la producción forestal debido a que las tasas del descuento en largos períodos no son confiables y porque los beneficios forestales indirectos no pueden ser expresados en términos monetarios. Al evaluar el valor de las inversiones forestales, también se deben acreditar la oportunidad de empleo y las ganancias que esta genera.

En las naciones en desarrollo, la economía forestal debe cumplir funciones más extensas que en cualquier otra parte. Entre ellas, ofrecer el máximo de empleo a la población rural según su nivel de destreza. La industria más deseable en los países en desarrollo es la que genera empleos rápidamente y usa materias primas locales para la manufactura de productos de consumo local. El empleo quizás sea más importante que la productividad de bienes y servicios. La silvicultura y la regeneración

forestal, normalmente requieren grandes cantidades de mano de obra empírica y calificada para aumentar o mejorar el capital forestal: el bosque en crecimiento.

Los objetivos de producción también son afectados por la proporción utilizable del árbol, que depende del diámetro mínimo utilizable, del ancho del duramen y de la proporción de albura. Estas consideraciones también afectan la selección de especies, la rotación y los regímenes de poda y tala.

Otra fuente de diversidad en los bosques es de carácter genético. Existe una amplia gama de potencial genético. La manipulación genética puede producir árboles con características que no se encuentran en la naturaleza. Las modificaciones genéticas pueden generar árboles que prosperan en sitios actualmente marginales; de este modo se lograría aumentar el área forestal productiva. Para conservar estas opciones, se deben preservar distintos genotipos naturales de las poblaciones nativas de árboles.

El aserrado de madera sólida, a diferencia del procesamiento de otras materias primas, no requiere una maquinaria complicada y cara. Puesto que la materia prima es gruesa y pesada, el incentivo es ubicar los aserraderos en zonas rurales cerca de los bosques, que es precisamente donde más se necesita el desarrollo económico. Para productos como madera aserrada, enchapados y tableros de partículas de madera, se pueden operar exitosamente pequeñas unidades de producción que requieren poco capital y habilidad gerencial y que aprovechan destrezas tradicionales. Para los productos forestales, el valor de la materia prima y del empleo son relativamente altos; para los productos de madera aserrada, la materia prima puede representar entre el 50 y 75% del costo total de producción. Además, el aserrado de un metro cúbico de madera puede emplear de 10 a 15 horas de trabajo. La fabricación de madera contrachapada consume de 10 a 20 horas de trabajo por tonelada y no requiere maderas de alta calidad, agua limpia ni grandes suministros de energía. Además, una producción forestal enfocada de esta manera, puede fácilmente cambiar de dirección si en el futuro se imponen productos menos exigentes en cuanto a tamaño del árbol y especie.

Para los países en desarrollo, el empleo es tan importante que quizás sea mejor desestimar la competitividad entre alternativas y dar énfasis a la productividad como objetivo del manejo forestal (Sarto-

rius y Henle 1968). Los enfoques competitivos en el aprovechamiento de los recursos y la satisfacción de las demandas locales quizás no satisfagan las necesidades laborales; podría ser que la necesidad de crear empleos esté por encima de los rendimientos económicos directos. El efecto multiplicador de las operaciones vinculadas con la industria de la madera varía de 4 a 17 (Svanqvist 1976).

En relación con la mecanización, en los trópicos es deseable un menor grado de mecanización que en los países desarrollados, pues esta generalmente depende de maquinarias importadas y capacitación especializada (Sartorius y Henle 1968). Factores sociológicos (además de técnicos y económicos) deben ayudar a decidir cuál es el grado apropiado de mecanización.

La producción de madera y el desarrollo industrial local resultante, a pesar de su gran contribución, son objetivos sociales inadecuados para la forestería tropical. Las industrias forestales de los países en desarrollo deben tener el apoyo del público, una planificación sólida y medidas de seguridad adecuadas. Por su parte, las agencias forestales gubernamentales deben contar con metas y poder regulador de carácter amplio; de no ser así, el sector forestal avanza de manera descontrolada, en tanto que las débiles agencias forestales permanecen paralizadas.

Silvicultura. Hasta la fecha, los bosques tropicales se han manejado principalmente para la producción de madera, y no para otros productos o beneficios. La silvicultura, incluyendo el estímulo a la productividad de bosques secundarios y de la regeneración, se tratan en detalle en capítulos posteriores, pero su papel en relación con la producción del bosque se revisa en este capítulo.

El cultivo de bosques tropicales tuvo su origen con las prácticas de tribus primitivas, desafortunadamente, no quedan registros de esas prácticas. Parece cierto que el Imperio Maya en Centroamérica, una región de bosques deciduos durante ciertas estaciones, debe haber tenido regímenes de cultivo del bosque, tal como los tenían para cultivos agrícolas. La silvicultura, tal como se conoce hoy, fue llevada desde la zona templada a los trópicos del hemisferio oriental en 1855 (Parker 1923).

La silvicultura siempre ha sido aliada de la ecología forestal. Los profesionales forestales han ayudado a identificar los árboles y los tipos de bosques, y han

estudiado su reacciones al sitio y a las condiciones del bosque, tanto naturales como impuestas. Si la ecología era el enfoque, la silvicultura era la aplicación del mismo por parte de los forestales. Todo forestal de éxito, desde el conservador que dirige los programas forestales hasta el guardaparques que patrulla el bosque, podrían ser considerados como ecólogos practicantes. La mayoría no ha dejado registros del saber acumulado con sus observaciones personales; pero entre los principales trabajos publicados sobresalen Foxworthy (1909), Watson (1928) y Wyatt-Smith (1961a) en Malasia; van Steenis (1958) en Indonesia; Troup (1921) y Champion y Trevor (1938) en la India; Aubreville (1948) en África Occidental, y Beard (1944b), Holdridge (1947), Schulz (1960), Hueck (1972), de Graff (1986) y Lamprecht (1989) en América Tropical. El manual de silvicultura de Champion y Trevor (1938) es todavía la única fuente de datos ecológicos sobre los bosques de la India. Durante mucho tiempo, en la India se le ha llamado “ecología aplicada” al manejo forestal (Seth 1955). Casi toda la información técnica sobre producción forestal consiste del registro de la respuesta de los árboles a su ambiente, y la interpretación de tales reacciones en términos de una productividad comercial. Un viejo manual de silvicultura para diferentes tipos de bosque del hemisferio occidental (Fors y Reyes 1947), escrito para la Escuela Forestal de Pozos Dulces en Cuba, comienza con la ecología forestal como base fundamental de las prácticas recomendadas. Para cada informe publicado, hubo sin duda muchas conclusiones adicionales del personal nativo de campo, íntimamente familiarizado con los componentes y la conducta de sus bosques.

Aunque los manejadores de bosque pueden haber sido los primeros ambientalistas (Ghosh 1975), la sensibilidad creciente del público a toda perturbación del ambiente natural ha puesto al manejo forestal bajo la mirada atenta del público. El manejo tradicional de los bosques incluía el tratamiento diferenciado por especies, la intervención en bosques primarios irremplazables, la corta a tala rasa en zonas visibles al público, el establecimiento de plantaciones puras, la introducción de especies de árboles exóticos, el uso del fuego para reducir peligros y el uso de herbicidas y pesticidas (Ovington 1974). A pesar que estas prácticas pueden incrementar la producción de madera y ser aceptables bajo ciertas circunstancias, ninguna de ellas es ampliamente aceptada por el público en estos días. Los manejadores de bosque deben reducir el impacto ecológico adverso en la planificación preliminar y

discutir las propuestas con el público en sus propios términos. De otro modo, habrá que lidiar con la crítica razonable o emocional del público.

El manejo forestal a menudo se percibe como de carácter puramente explotador, obsesionado por el rendimiento máximo de la madera, y preocupado nada más en apariencia por otros valores del bosque. Algunas prácticas forestales apropiadas para el manejo de bosques silvestres, en realidad son una forma de conversión; sin embargo, los méritos del manejo de bosques no han sido adecuadamente justificados ante el público. Los aspectos silviculturales del manejo van más allá de la aplicación de conocimientos ecológicos. La cantidad de energía fijada anualmente por los bosques tropicales puede ser grande, pero sólo si se aplican principios silviculturales sólidos y prácticos se logrará un aumento cualitativo y cuantitativo en la producción de madera. Los responsables del desarrollo de cultivos forestales “desde la semilla hasta la madera aserrada” deben ser generalistas más que especialistas, pero deben también aprovechar de la experiencia de los especialistas para obtener beneficios máximos del bosque (Singh 1960). Mientras manejan los árboles de la próxima cosecha, también deben explorar el potencial del mejoramiento genético para aumentar la productividad.

Un aspecto final de la producción forestal es el servicio directo que presta a la agricultura, incluyendo el uso de bosques y árboles como forraje, protección y rompevientos, sombra para cultivos y rehabilitación de pantanos. En las zonas secas del hemisferio oriental es donde más se han usado los bosques para la producción de forraje, en combinación con la producción de madera para leña. El follaje y las vainas de *Prosopis juliflora* (Singh 1951) y el follaje de *Leucaena leucocephala* sirven como alimento para el ganado (Singh 1951). Otras especies forrajeras usadas en la India incluyen *Acacia arabica*, *Azadirachta indica*, *Bauhinia variegata* y *Zizyphus jujuba* (Chaturvedi 1948).

Como rompevientos, los árboles protegen a los cultivos y, por consiguiente, aumentan el rendimiento de las cosechas. Por ejemplo, en Ecuador, maizales protegidos por bosques registraron un rendimiento del 20% más que en campos no protegidos (Anón. 1955b); los géneros usados fueron *Cupressus* y *Pinus*. En Perú, *Eucalyptus globulus* se usa comúnmente como rompeviento. Especies de *Erythrina* e *Inga* se usan extensamente para proporcionar sombra a las plantaciones de café en Costa

Rica, El Salvador, Puerto Rico, Surinam, Trinidad y Venezuela; *Cordia alliodora* se usa también en Colombia y Costa Rica. En Uganda, donde el drenaje de los pantanos para el control de los mosquitos es deseable pero costoso, se ha comprobado la efectividad de plantaciones de *Eucalyptus* y *Senna siamea* (Dale 1943).

Ejemplos de diversidad forestal. Las posibilidades de la producción forestal son tan diversas como las condiciones y las necesidades humanas en los trópicos. Los bosques mismos, según se ha visto, son diversos, con variaciones que van desde densos bosques pluviales a bosques de matorrales y sabanas. Los bosques naturales más pobres quizás sean los que más requieran atención, debido al papel que juegan en la estabilidad de los terrenos, y posiblemente como única fuente de leña. Tales bosques han sido diversificados aún más por la intervención humana, lo que conduce a una gran sucesión de bosques secundarios que difieren en características, productividad y utilidad.

La extensión de los bosques de un país influye en los objetivos de producción. Los bosques extensos requieren un manejo de intensidad diferente a la de un bosque pequeño. Por ejemplo, los bosques secundarios extensos pueden manejarse con base en la regeneración natural y pocos insumos y bajo rendimiento, proporcionando un empleo rural geográficamente disperso. Donde los bosques nativos son menos extensos, se pueden necesitar plantaciones de alto rendimiento por unidad de zona forestal (Earl 1975).

La estructura diversa de los bosques naturales puede también influir en la producción. Los rodales pueden clasificarse como positivos, neutrales o negativos dependiendo de cómo se relaciona con la curva de Liocourt, el número de tamaños de árbol (Sammi 1961). Esta curva es una progresión logarítmica constante de tres números, que abarca los tamaños de árbol desde los más grandes a los más pequeños. Los rodales positivos tienen un exceso de árboles pequeños de especies comerciales que se regeneran de manera natural; los bosques negativos, no. Por consiguiente, en estos deben aplicarse métodos que aseguren la regeneración, y ajustar los objetivos en términos de productos y rendimientos. Un ejemplo es un bosque rico en *Virola*, pero con pocos o ningún árbol pequeño de esta especie. Si no se induce silviculturalmente la regeneración de esta especie, es muy posible que al cosechar los árboles maduros de *Virola* se favorezca el crecimiento de otras especies, posiblemente menos útiles.

La variación local en la capacidad del sitio para producir distintas especies de árboles, sostener un crecimiento rápido y rendir árboles comerciales, también afecta las metas de producción. La teca en el neotrópico, por ejemplo, según el sitio, produce a los 30 años, árboles que varían de 3 a 30 m de altura, con un crecimiento anual promedio de 1 a 11 m³/ha (Keogh 1979). Las ventajas de los mejores sitios son obvias.

Los extremos ambientales, tales como la frecuencia de huracanes, o períodos de alto riesgo de incendio, pueden influir en el largo de la rotación, especies usadas, densidad del rodal y prácticas silvícolas (Gane 1970).

Finalmente, cuando una prioridad del gobierno es aumentar el empleo, el tipo de bosque producido puede ser de naturaleza crítica. De acuerdo con un estimado, el empleo máximo que genera un bosque regenerado de manera natural es de 1 persona por cada 100 a 125 ha (Svanqvist 1976). Las plantaciones de rotación corta, por el contrario, pueden emplear 1 persona por cada 15 a 20 ha. Cultivos mixtos de alimentos y árboles de larga rotación pueden emplear 1 persona por cada 7 a 18 ha, pero gran parte de la mano de obra se atribuiría al cultivo agrícola.

Las experiencias adquiridas en Malasia demuestran que el manejo forestal puede lograr varias metas de impacto nacional (Wyatt-Smith y Vincent 1962b). Entre ellas se encuentra la salvaguarda de los suministros de agua, la prevención de la erosión e inundación de los terrenos agrícolas, y el suministro, a perpetuidad, de todo tipo de productos forestales que puedan ser producidos con bajo costo en el país y que sean necesarios para propósitos agrícolas, domésticos e industriales.

En Sudáfrica, se tuvieron que tomar medidas extremas porque grandes extensiones del país están desprovistas de árboles (Anón. 1966a). Así, se introdujeron especies de árboles apropiadas para los mercados de madera, además de la tecnología para cultivarlas sin generar pérdidas; finalmente, la madera de las plantaciones se tuvo que convertir en productos que compiten con las importaciones.

En Trinidad, un análisis del potencial de la producción forestal demostró que existen grandes posibilidades de empleos futuros (Gane 1969). La expansión de las plantaciones de protección de 160 a 200 ha/año podría

crear, a 60 años plazo, el doble del empleo que actualmente generan los bosques y sus productos. No obstante, el aumento de las plantaciones de pino y teca de 280 a 320 ha/año produciría aún mayores oportunidades: para la producción y procesamiento de la teca se requeriría el doble del empleo que generan las plantaciones de protección, mientras que el pino le superaría en siete veces.

En Uganda, el análisis de los requerimientos nacionales de madera esclareció las metas del manejo forestal (Dawkins 1958e). Debido a que se necesitaría una mayor cantidad de madera en el futuro y ya que la importación no era una opción económica, la producción local era de carácter imperativo. Sin embargo, las plantaciones resultaron tan caras, que aún si su productividad fuese enorme, su establecimiento muy probablemente sería muy lento; por lo tanto, se consideró que los extensos bosques naturales serían la fuente primaria de madera. Los objetivos forestales fueron los siguientes (Dawkins 1958e):

- El dos por ciento del bosque se mantendría como reserva para la preservación de su desarrollo natural.
- Los bosques protegerían la recreación, agricultura y suministro de agua.
- La producción de madera se supeditaría a las necesidades de protección y no se emprendería donde la preservación de la naturaleza fuese un objetivo.
- La producción de madera debería ser suficiente para satisfacer las distintas necesidades de la población.
- Se daría énfasis a las maderas fuertes, fáciles de trabajar y preferiblemente permeables, útiles para la construcción de edificios y muebles.
- Se trataría de maximizar la eficiencia de la producción.

Los objetivos del manejo forestal en el neotrópico deben ser multidimensionales y muy diversas. Lo importante es reconocer la necesidad imperativa de establecer objetivos (1) firmemente establecidos y estables, (2) tecnológicamente sólidos, (3) socialmente aceptables, y (4) sujetos a la selección, preparación, ejecución y evaluación de proyectos y actividades forestales.

Capítulo 3

Los Bosques Primarios y su Productividad

Se considera bosque primario aquel que ha existido sin perturbaciones humanas significativas u otros disturbios durante períodos que exceden el largo normal de la vida de los árboles maduros (de 60 a 80 años según FAO) (Anón. 1982c). En tales bosques relativamente estables, se desarrollan relaciones funcionales de preferencia, tolerancia, capacidad e interdependencia entre organismos, las cuales no se evidencian de otro modo. Tales bosques son autosostenibles y poseen valor ecológico y económico para la sociedad. Se cree que los bosques primarios alcanzaron su extensión máxima durante una pequeña fracción de los últimos dos millones de años (Whitmore 1982). Muchos de ellos deberían de ser preservados a perpetuidad. Como única fuente de información sobre las relaciones entre el bosque y el medio ambiente, los bosques primarios y sus dinámicas ameritan un estudio a profundidad, ya que significan puntos de referencia para establecer las pautas del manejo silvicultural.

Este capítulo describe las características de los bosques primarios más significativas para la productividad. Hay una larga historia de estudios ecológicos en estos bosques en los trópicos; algunos de los más completos son el de Jones (1956) en África Occidental y Schulz (1960) en Surinam. Más recientemente, se ha estudiado la ecología de los bosques húmedos de Puerto Rico (Odum y Pigeon 1970), del Amazonas (Fittkau y Klinge 1973) y del Extremo Oriente (Sutton et al. 1983, Whitmore 1984), entre otros.

El ambiente físico de los ecosistemas forestales determina el patrón y la tasa de cambio, y establece límites al desarrollo del ecosistema (Odum 1969). A su vez, el ecosistema mismo puede modificar el ambiente físico. La sucesión culmina en un grado máximo de homeóstasis, mediante la cual las respuestas orgánicas del ecosistema tienden a compensar los cambios ambientales. El bosque primario se autoprotege al máximo de las perturbaciones. Además, en función de la energía disponible, el bosque primario alcanza una biomasa y una interacción máxima o casi máxima entre los organismos. Tal interacción incluye la competencia, que significa la supresión de uno de los organismos involucrados; el comensalismo, que beneficia a uno de los organismos sin suprimir al otro y el mutualismo, que beneficia a más de un organismo (Longman y Jenik 1974).

Según Holling (1973), los bosques primarios tienen resiliencia (la capacidad de absorber cambios y persistir

a pesar de ellos) y estabilidad (la capacidad de volver a un estado de equilibrio después de una perturbación temporal).

Comparados con otros bosques, los bosques primarios generalmente alcanzan un equilibrio relativamente estable entre la producción bruta y la respiración, baja producción bruta en relación con la biomasa en pie, alta cantidad de biomasa en relación con el flujo de energía, baja producción neta (rendimiento), cadenas alimenticias reticulares y no lineales, grandes volúmenes de material orgánico, nutrientes inorgánicos intrabióticos, alta diversidad, estratificación bien organizada y heterogeneidad espacial, nichos de especialización estrechos, organismos grandes, ciclos de vida largos y complejos, ciclos cerrados de minerales, lento intercambio de nutrientes con el ambiente, producción cualitativa en vez de cuantitativa, simbiosis interna desarrollada y buena conservación y estabilidad de los nutrientes (Odum 1969).

Por muy válidos que sean estos conceptos, la visión tradicional del bosque virgen, como un sitio a salvo de daños no es realista (Spurr y Barnes 1980). Disturbios, y aún desastres en gran escala, son naturales y frecuentes durante el curso de vida de la mayoría de los árboles forestales. La inestabilidad del bosque es inevitable, aún en el Amazonas, donde los cambios climáticos y la intervención de las tribus debe haberse dado durante la vida de los árboles más antiguos. Por ello, se debe ser cuidadoso al clasificar a un bosque tropical como primario, ya que siempre existe la posibilidad de que haya habido intervención humana en el pasado (Catinot 1974).

La siguiente descripción de los ecosistemas se ha adaptado de Odum (1972). Los componentes estructurales incluyen el régimen climático, sustancias inorgánicas involucradas en los ciclos minerales, compuestos orgánicos, formas de vida autotróficas (auto-alimenticias), y formas heterotróficas (alimentadas por otros). Las formas de vida heterotróficas incluyen organismos fagótrofos o macro-consumidores; por lo general, animales que se comen a otros organismos y saprótrofos, microorganismos que descomponen materia orgánica. Las partes vivientes y no vivientes de los ecosistemas están tan interrelacionadas que es difícil separarlas.

La mayoría de los ecosistemas tropicales húmedos son tan complejos, que su funcionamiento no puede ser

estudiado por investigaciones tradicionales de “a un problema, una solución”. Para entenderlos quizás sea necesario usar sistemas de investigación que involucren el uso de modelos matemáticos y cibernéticos (Odum 1972).

Gran parte de las investigaciones ecológicas quizás parezcan ser periféricas a la productividad forestal, pues su interés principal es meramente científico, como por ejemplo, los microbios del suelo y las plantas del estrato inferior, índices de área foliar, hojarasca, biomasa y productividad bruta en términos inciertos en cuanto al volumen útil de la madera (Harper 1977). Si bien los forestales han estudiado el bosque principalmente para determinar cuánta madera útil son capaces de producir, los ecólogos están más interesados en el funcionamiento de los bosques como sistemas, lo cual es de utilidad parcial para los forestales. Los ecólogos han demostrado que la sociedad incurre en mayores gastos a consecuencia del maltrato o destrucción de los bosques, y están explicando fenómenos que, hasta ahora, ni los forestales ni ningún otro profesional entendían bien ni habían estudiaban a fondo.

El bosque primario, un ideal ecológico, no constituye un ideal de producción capaz de satisfacer las necesidades humanas. La evolución tiende a favorecer a especies en particular más que al bosque en su conjunto (Harper 1977). Sería sorprendente si actividades que buscan favorecer a un individuo en vez de a otro, también maximizaran el funcionamiento de la población en general, como un dios capaz de satisfacer todos los deseos humanos. Por consiguiente, la producción de la

población entera requiere que se compensen los avances con los que la evolución ha favorecido a especies individuales. Un ejemplo podría ser la necesidad de reducir la densidad del bosque para acelerar las tasas de crecimiento de los árboles seleccionados para la próxima cosecha. Estas modificaciones se pueden aplicar en bosques primarios; pero, una vez intervenido, el bosque deja de ser primario.

Se estima que en 1980, los bosques primarios y secundarios antiguos de 76 países tropicales del mundo abarcaban una superficie estimada de más de 6 millones km² (Anón. 1982a; Cuadro 3-1), lo que significaba casi el 76% de los bosques potencialmente productivos de esos países. Para el neotrópico, el porcentaje correspondiente era del 87%; entre 1980 y 1990 se talaron 2,4 millones ha de bosque latifoliado (Anón. 1993b), por lo que para 1990, el bosque sin disturbar abarcaba 450 millones ha.

Estructura del bosque

La estructura del bosque tiene que ver con los tamaños, ubicación relativa y tipos de formas de vida. La descripción que se presenta es de aplicación en los bosques húmedos principalmente (Fig. 3-1). Un resumen de los contrastes estructurales entre los bosques primarios húmedos y secos, tropicales y subtropicales aparece en el Cuadro 3-2.



Fig. 3-1.—El dosel de los bosques húmedos a elevaciones bajas está formado por las copas anchas de los árboles, según se ilustra con este bosque de Panamá.

Cuadro 3.1—Extensión de los bosques tropicales no perturbados en 1980	
Región y número de países involucrados	Área de bosque productivo no perturbado* (miles ha)
América—33	454,507
África—37	118,450
Asia—16	99,033
Total—86	671,990
Fuente: Anón. 1982e.	
*Los bosques productivos no perturbados son bosques primarios cerrados o bosques secundarios no aprovechados durante al menos 60 años, en terrenos sin impedimento legal para producir madera para la industria.	

Cuadro 3.2—Contrastes estructurales entre bosques húmedos y secos

Característica estructural	Bosque húmedo ^a	Bosque seco ^b
Altura del dosel (m)	20–84	10–40
Estratos del dosel (No.)	3 or more	1–3
Índice sup. foliar (m ² /m ²)	5–8	3–7
Uniformidad	Uniforme	en parches
Cubierta vegetal del suelo	<10%	baja/alta
Área basal (m ² /ha)	20–75	17–40
Biomasa vegetal (t/ha)		
Troncos y ramas	209–1,163	28–266
Hojas	7–10	2–7
Raíces	11–135	10–45
Total	269–1,186	78–320

Fuente: Murphy y Lugo 1986.

^aPrecipitación anual de >200 cm; razón de evapotranspiración potencial/precipitación >1.

^bPrecipitación anual 50 a 200 cm; razón del evapotranspiración potencial/precipitación <1.

Los bosques pluviales, según Baur (1964b), generalmente alcanzan una altura de 25 m; 40 m los bosques semi-perennes, 50 m los bosques perennes estacionales y de 40 a 60 m los bosques pluviales ecuatoriales. Un árbol alto de la especie *Koompassia excelsa*, registrado en el bosque tropical de Malasia, alcanzó 84 m de altura (Foxworthy 1927, citado por Longman y Jenik 1974). En zonas secas y a mayores elevaciones, los bosques tropicales tienden a alcanzar alturas menores (Fig. 3-2). En Venezuela, árboles con diámetro a la altura del pecho (dap) de 10 cm y más, a 3000 m de elevación, alcanzan una altura promedio de 10 m; por encima de esa elevación la altura disminuye hasta 5 m (Veillon 1965).

Densidad del bosque. La densidad del bosque se mide por la cantidad y tamaño de los árboles, y el área basal (volumen por unidad de área terrestre).

Cantidad y tamaño de los árboles. La cantidad de árboles por unidad de terreno que han alcanzado un cierto diámetro a la altura del pecho constituye una medida significativa de la densidad forestal (Schulz 1960). En los bosques primarios tropicales húmedos, la cantidad de árboles por unidad de terreno es bastante uniforme (Cuadro 3-3; Heinsdijk 1957, Wyatt-Smith 1949b).



Fig. 3-2.—En suelos superficiales, como estos en colinas de piedra caliza en Puerto Rico, los bosques son de baja estatura y las copas de los árboles son bajas y anchas.

La cantidad de árboles con dap de 10 cm o más, por unidad de área varía con el sitio. Para los bosques estacionales, el promedio es de casi 500 árboles por hectárea; para bosques sub-montanos, el promedio es de hasta 1000 árboles por hectárea (Baur 1964a). En Venezuela, la cantidad varía con la altitud (Cuadro 3-4; Veillon 1965).

En bosques primarios, la mayoría de los árboles son pequeños (Fig. 3-3). Un muestreo extensivo de los bosques del Amazonas (Heinsdijk 1957) reveló que casi la mitad de los árboles se ubican en la clase más baja (Cuadro 3-5). A mayores latitudes, esta proporción es menor (Baur 1964a). Los rodales en los bosques tropicales húmedos muestran consistencia; Dawkins

Cuadro 3.3—Número de árboles por hectárea en bosques tropicales seleccionados

Ubicación	Número de árboles	
	Dap >10 cm	Dap >25 cm
Guayana	235	— ^a
Costa del Marfil	214	— ^a
Malasia	232	— ^a
Amazonas brasileño		
Madeira-Tapajós	— ^a	12–117
Tapajós-Xingú	— ^a	119–127
Xingú-Tocantins	— ^a	63–121

Fuente: Heinsdyk 1957, Wyatt-Smith 1949a.

^aNo se contó.

Cuadro 3-4.—Árboles de ≥ 10 cm dap, por altitud en Venezuela	
Altitud (m)	Número de árboles por hectárea
50–600	133
600–1,600	184
1,600–3,000	253
3,000–3,300	189
Fuente: Veillon 1965.	

(1959) encontró gran uniformidad en el número de árboles por tamaño en los bosques tropicales primarios altos; con esa información elaboró el cuadro de rodales de bosque pantropical (Cuadro 3-6).

Gran cantidad de árboles empiezan a crecer, pero pocos llegan a alcanzar gran tamaño, aunque muchos, desde luego, son de tamaño pequeño al alcanzar la madurez. El destino de cada árbol depende de su capacidad de tolerar o dominar a sus vecinos, lo que a su vez depende, en parte, de la capacidad relativa de su sistema radicular para obtener agua y nutrimentos, y de sus copas de alcanzar una iluminación adecuada.

En muestras grandes de bosque primario, la razón del número de árboles por clase diamétrica en función de la



Fig. 3-3.—*Los bosques húmedos primarios típicamente están compuestos de muchos árboles prequeños que crecen bajo el dosel formado por unos pocos árboles grandes.*

Cuadro 3-5.—Distribución de los árboles por clase de tamaño en los bosques amazónicos (número de árboles por ha)			
Subregión	Clase diamétrica (cm)		
	25–34	35–44	>45
Madeira-Tapajós	54–58	30–31	27–30
Tapajós-Xingú	53–55	32–33	31–41
Xingú-Tocantins	33–60	14–29	16–39
Fuente: Heinsdijk 1957.			

clase más pequeña siguiente tiende a ser constante en toda la gama de tamaños de árboles. El cociente aritmético, o razón “q”, según de Liocourt (Amobi 1973, Harper 1977), se describió en el capítulo anterior. Si estas razones son similares a través de la gama entera de clases diamétricas, se considera que el rodal está equilibrado, pues la mortalidad sufrida en cada clase se compensa, aparentemente, con la cantidad de árboles que ingresan de la clase inferior. Se considera que el rodal es positivo si las clases más pequeñas exceden, en cuanto a número de árboles, a las clases precedentes por una razón mayor que la del extremo superior de la gama de diámetros a la altura del pecho, debido a que el crecimiento interno, aparentemente, es más que adecuado para la producción de reemplazos. La tendencia inversa, o negativa, sugiere que la regeneración es de algún modo deficiente.

Cuadro 3-6.—Bosques altos pan-tropicales	
Clase diamétrica (cm)	No. de árboles por hectárea
10	247.0
20	101.0
30	42.0
40	20.0
50	11.0
60	7.2
70	4.9
80	3.5
90	2.5
>100	5.4
Fuente: Dawkins 1959.	
Nota: Por bosques altos se entienden los bosques húmedos primarios cerrados.	

Por lo general, los bosques húmedos de la India son equilibrados (Mathauda 1953), mientras que los bosques dipterocarpáceos del Asia y del Pacífico son positivos; una circunstancia de gran importancia para su cultivo.

En África, se descubrió que la relación logarítmica constante entre dap y número de árboles se aplica mejor a especies de árboles tolerantes a la sombra (Jones 1956, citado por Longman y Jenik 1974). Sin embargo, los árboles emergentes que demandan luz presentaban una carencia de tamaños medianos y pequeños. Aún las especies emergentes más tolerantes no presentaban una cantidad de plántulas suficiente, sobreviviendo sólo cerca de pequeños claros o aperturas en el dosel (Jones 1955, 1956). En otras partes, una distribución bimodal de las frecuencias de árboles no es desconocida (Harper 1977); los dos modos son representados por árboles dominantes y suprimidos. Baur (1964b) explicó la ausencia de árboles de tamaño mediano debido a distintas tasas de crecimiento, suponiendo que los árboles pasan por el tamaño mediano más rápidamente que por los tamaños pequeño y grande. Según Jones (1955, 1956), la razón de esa ausencia de tamaños medianos se debe a que el reclutamiento de árboles se había discontinuado en algún momento pasado.

Schulz (1960) atribuyó la falta de árboles pequeños de *Goupia* en Surinam a acontecimientos históricos que produjeron irregularidades en la regeneración. Sin embargo, descubrió que en Mapane, los bosques mesofíticos de llanura, por lo general, estaban muy bien equipados con árboles de tamaños pequeños e intermedios.

Área basal. El área basal total de todos los fustes de árboles con corteza por unidad de área, medida a la altura del pecho, constituye una medida de la densidad del bosque que refleja la cantidad de árboles y su tamaño. Aún si no se miden las alturas, el área basal es un buen índice del volumen relativo de madera. En bosques tropicales primarios húmedos, el área basal de todos los árboles con dap de 10 cm o más, comúnmente varía de 35 a 45 m²/ha, con valores extremos de hasta 70 m²/ha (Baur 1964a). El área basal puede variar con la elevación sobre el nivel del mar; un estudio en Venezuela con árboles de ≈ 25 cm dap arrojó un promedio de 22 m²/ha a elevaciones entre 50 y 600 m; de 28 a 31 m²/ha entre 600 y 3000 msnm y sólo 18 m²/ha a elevaciones de 3000 a 3300 msnm (Veillon 1965).

Volumen del fuste. El volumen del fuste -generalmente basado en el diámetro de los árboles, la altura total o comercial y en alguna expresión de la forma del tronco- expresa el rendimiento potencial de un bosque. En la práctica, se deben usar límites realistas por especies, diámetro mínimo del tronco y descuentos por corteza y defectos.

Los volúmenes de madera del fuste en los bosques primarios tropicales húmedos típicamente varían entre 290 y 525 m³/ha (Leigh 1975). En África Occidental, la variación es de 275 a 425 m³/ha (Catinot 1974); en Puerto Rico, de 145 a 365 m³/ha, y si se añade la madera de las ramas de hasta 2,5 cm de diámetro, la variación aumenta entre 180 y 440 m³/ha.

El volumen del fuste, comúnmente medido a un diámetro de 7 cm por encima de la corteza, tiene una relación relativamente constante con el volumen total de madera (madera de tronco y ramas), según Dawkins (1967). La relación entre los dos arroja un factor promedio de 1,3, aplicable a bosques muy diferentes; la variación máxima es de 1,1 a 1,5. El volumen de madera sin corteza del tronco y de las ramas, bajo ciertas condiciones, se correlaciona muy estrechamente ($R^2 = 0,991$) con el producto del área basal por la altura total del árbol (Dawkins 1964a).

El resultado obtenido al multiplicar el dap al cuadrado por la altura es una buena manera de estimar el volumen del árbol sobre el nivel del suelo (Dawkins 1961b). La siguiente fórmula

$$V = 0,0368 + 0,545 (D^2H)$$

Donde, V = volumen con corteza, D = diámetro (m) y H = altura (m), arrojó un coeficiente de correlación de 0,986, o un factor práctico de forma de 0,6 D²H, para 30 árboles de nueve especies de los bosques muy húmedos montanos de Puerto Rico. En ciertos bosques, un factor de forma de 0,7 es quizás más exacto. En Tailandia, se encontró una buena relación logarítmica entre el producto del dap al cuadrado por la altura total y el peso seco del tronco (Kira y Ogawa 1971).

La relación entre el área basal del rodal y el volumen de madera del tronco es determinada por la altura del tronco. En Puerto Rico, se encontró que esta relación varía de 6,2 a 7,0 m³/m² en bosques primarios húmedos,

cuya área basal varía de 20 a 40 m²/ha (Odum y Pidgeon 1970). En Venezuela, la relación varía con la elevación, arrojando promedios de 8,7 m³/m² para bosques entre 50 y 600 msnm; 9,7 m³/m² para bosques entre 600 y 1600 msnm, y 7,4 m³/m² entre 1600 y 3000 msnm (Veillon 1965).

Biomasa. El reciente interés en la biomasa, como medida de los recursos de un bosque, se puede atribuir a tres causas principales (Parde 1980): 1) incremento en la producción de productos de fibra y tableros de madera, los que se miden más adecuadamente por peso que por volumen; 2) mayor interés en la productividad biológica de los ecosistemas forestales, la cual se mide en peso seco de biomasa, y 3) mayor interés en la energía y en la química de la madera, debido a la creciente escasez de combustibles fósiles.

Muchas formas de vida, aparte de los árboles, conforman la biomasa. Lianas leñosas y matapalos (árboles que crecen sobre otros en busca de apoyo) son comunes en bosques primarios de climas muy húmedos y secos. Otras formas comunes son las plantas hemiepífitas (plantas que comienzan en otras plantas), epífitas, insectívoras y geófitas; todas estas son abundantes en los climas muy húmedos. La biomasa también incluye a la fauna, un componente del bosque tropical comúnmente subestimado.

Desgraciadamente, el término biomasa no se usa siempre en un mismo sentido; por ello, las comparaciones entre estudios sobre biomasa se deben efectuar cautelosamente. La biomasa total es sólo parcialmente fitomasa (la porción de tejido vegetal vivo o muerto). Aunque el término biomasa se refiere a organismos que existen sobre y debajo del suelo, la práctica común es evaluar sólo la biomasa sobre el nivel del suelo, ya que es difícil medir o usar el material del subsuelo. La biomasa puede expresarse en términos de peso verde o seco al horno, preferiblemente este último. Dos variables son de naturaleza crítica para las conversiones del volumen a biomasa: la gravedad específica de la madera y su contenido de humedad. La gravedad específica de madera secada al horno varía de 0,2 a 1,3, dependiendo de la especie y del sitio; en promedio, la gravedad específica de las maderas del bosque muy húmedo está alrededor de 0,6. En bosques de Colombia y Panamá se determinó un contenido de humedad de madera verde entre 48 y 67% (Golley *et al.*

1975). Un estudio de 59 especies en Puerto Rico demostró una variación desde 37% para *Bucida buceras* hasta 242% para *Ceiba pentandra* (Longwood 1961).

En la ex-Unión Soviética, hoy Rusia, se dio una controversia sobre la medición del crecimiento del bosque por medio de la fitomasa (peso), según Dylis (1971). Se consideraba que esa medida refleja la demanda por bosques de manera indirecta, como sistemas para la transformación de energía radiante, aire, agua y minerales. Los recursos forestales también se caracterizan por el volumen, superficie, estructura interna, composición química y contenido de energía. En Rusia, la fitomasa de los bosques secundarios de especies latifoliadas representa entre la mitad y dos tercios de la fitomasa de los bosques primarios mixtos de especies latifoliadas y coníferas. Sin embargo, los bosques secundarios son más útiles para los seres humanos, porque la mayor parte de la fitomasa se encuentra en el tronco de los árboles (Dylis 1971). La biomasa total, en peso seco al horno, proveniente de bosques primarios tropicales húmedos de tierras bajas varía de 300 a 1000 t/ha (Bazilevich y Rodin 1966, Fittkau y Klinge 1973, Young 1976). Para sabanas húmedas, el rango va de 60 a 100 t/ha, y 30 t/ha para sabanas secas.

Cerca de Manaus en la cuenca del Amazonas, donde la precipitación anual promedio es de 180 cm, se determinó en una parcela del bosque primario un peso verde de fitomasa encima del suelo de 1000 t/ha, y un volumen adicional de 280 t/ha bajo el nivel del suelo (Fittkau y Klinge 1973). El total de la biomasa animal fue sólo de 0,2 t/ha, la mitad proveniente de la fauna del suelo.

Algunas fórmulas comunes usadas para medir el volumen de los árboles también se pueden adaptar para dar el peso (Crow 1978). Por ejemplo, $V = a + bc^2$, o bien, $V = ac^b$, en las cuales a y b son constantes y c el dap (Parde 1980). Para rodales enteros, el uso de 5 a 10 árboles cuidadosamente elegidos de tamaño promedio, quizás sea suficiente. Otro método es talar, secar y medir la biomasa de muestras representativas del bosque y luego de aplicar el resultado obtenido por hectárea al área entera. También se puede medir un conjunto de árboles de distintos diámetros (30 o más) para producir tablas de regresión y masa, similares a las que comúnmente se usan para volúmenes.

Estratificación. Los ecosistemas del bosque primario tropical son complejos, tanto en sentido vertical como horizontal. Los árboles, las otras plantas y aún la fauna pueden ser estratificados verticalmente. La estratificación de las plantas se expresa mejor en términos de su altura en la madurez, pues en cualquier sitio la presencia de árboles inmaduros puede confundir la estratificación. En los bosques tropicales se reconocen cinco o más estratos, en comparación con dos o tres en los bosques de zonas templadas (Richards 1952). Una razón es la mejor distribución de la luz en el bosque tropical, debido al dosel alto, la larga duración de la estación de crecimiento y la mayor intensidad de la luz solar, producto de un mayor ángulo medio de incidencia (Terborgh 1973). Otras razones postuladas para explicar la multiestratificación de los bosques tropicales (Smith, A.P., 1973), incluyen las siguientes:

1. Uso óptimo de la luz, porque los estratos de hojas separados verticalmente por 50 a 70 veces el diámetro de las hojas superiores, permite que las plantas inferiores escapen de la sombra.
2. Una mayor fotosíntesis, debido a que las aperturas entre los estratos hacen disponible una mayor cantidad de dióxido de carbono.
3. Una mejor polinización o dispersión de semillas, porque se crean rutas aéreas seguidas por insectos, aves y murciélagos.
4. Una selectividad intensificada y una interdependencia entre especies.
5. Árboles emergentes aislados o en grupos producen una superficie irregular del dosel superior que contribuye a la ventilación de las copas y favorece el mayor tamaño de las hojas superiores, lo cual les permite capturar mayor cantidad de energía y agua de lo que sería posible con doseles regulares.

Whitmore (1981) llamó la atención sobre la apariencia de la estratificación que resulta de la regeneración en claros, donde se producen grupos adyacentes de especies pioneras, de segunda generación y grupos de árboles maduros.

Horn (1971) indicó que, ya que sólo se necesita el 20% de la luz plena para el crecimiento de los árboles, los estratos separados por alturas adecuadas pueden coexistir, sin interferir los unos con los otros.

Teóricamente, podrían fotosintetizar el doble que un sólo estrato. Para ser eficientes, las hojas de un estrato único deberían distribuirse regularmente, sin ningún traslazo.

El número de estratos de la vegetación se relaciona con la humedad y calidad del suelo; cuanto menos favorables son las condiciones, tanto menor es la cantidad de estratos (Baur 1964a). Los manglares constituyen un caso extremo, ya que comúnmente consisten de un solo estrato.

Los estratos arbóreos no son siempre reconocibles. Leigh (1975) llegó a la conclusión de que la estratificación existe, pero que es imposible de distinguir objetivamente. Schulz (1960) consideraba que la clasificación de estratos de los bosques húmedos de Surinam era de carácter arbitrario. Baur (1964b) llegó a la conclusión que los estratos generalmente son de naturaleza discontinua, ya que surgen a consecuencia de los claros o aperturas.

Esperar estratos bien definidos y claramente visibles en todas las partes del bosque es negar la capacidad de regeneración continua de todas las especies arbóreas. Pero concluir que la estratificación no existe por las diferencias entre un lugar y otro, a consecuencia de la recuperación en los claros, es el otro extremo. Cualquiera que sea su significado práctico, parece que los estratos existen en la mayoría de los bosques tropicales cerrados, si se aceptan los criterios de Newman (1954): 1) ausencia de árboles inmaduros en los estratos superiores; 2) se considera que un árbol ha llegado a la madurez cuando ya no produce ramas laterales; 3) la altura del estrato se define como el límite inferior de las ramificaciones permanentes.

Richards (1983) opina que en materia forestal, las divisiones de un continuum, tanto las objetivamente demostrables como las puramente arbitrarias, constituyen una simplificación extrema. En el bosque pluvial mixto, por ejemplo, los estratos no son evidentes, aunque a veces existen grandes cantidades de árboles de ciertas clases de altura. Los límites entre estratos son generalmente arbitrarios y no se pueden definir objetivamente; por eso, Richards concluye que es más importante reconocer la variación en la densidad del follaje en distintos niveles, la cual es mayor en el estrato inferior.

A pesar de las dificultades para identificar estratos arbóreos, Baur (1964b) define los bosques tropicales en

función del número de estratos. Para los bosques pluviales ecuatoriales no menciona un estrato emergente, pero sí dos o tres estratos de árboles y dos estratos de arbustos; para bosques perennes estacionales menciona la existencia de emergentes y tres estratos arbóreos; además, dos o tres estratos en los bosques pluviales semiperennes y submontanos, y dos estratos en los bosques xerofíticos y pantanosos.

Se han identificado cinco estratos en bosques primarios al noreste de Manaus, Brasil (Klinge y Rodrigues 1973); los datos sobre alturas y peso verde de la fitomasa aparecen en el cuadro 3-7.

Jones (1956) llegó a la conclusión que el 21% de las especies emergentes de los bosques pluviales de Nigeria son muy demandantes de luz, por lo que están poco representadas en los estratos inferiores. Un 45% es abundante en el estrato inferior pero escaso en el estrato intermedio, y cerca del 32% disminuyen en abundancia del estrato inferior al emergente. Otros datos de Nigeria (Kio 1979) demuestran que dos tercios del volumen en bosques húmedos de viejo crecimiento se hallan por debajo del estrato superior, lo cual representa una reserva de madera de utilización probable.

Forma de los árboles. Sharma (1976) examinó la fitomasa arbórea de varias secciones de *Buchenavia lanzan* y *Shorea robusta* en los bosques secos deciduos de la India. En estos árboles relativamente pequeños, la proporción de madera en las ramas fue significativamente mayor en las clases de árboles más grandes (Cuadro 3-8). Otras relaciones fueron variables, aunque para todos los tamaños, el tronco contenía más de la mitad de la masa total.

Cuadro 3.7.—Estratos y fitomasa arbórea en Manaus, Brasil		
Altura del estrato (m)	Fitomasa fresca Peso medio (t/ha)	Porcentaje
24–35	190	28
17–26	400	58
8–14	77	11
4–6	16	2
2–3	5	1
Total	688	100
Fuente: Klinge y Rodrigues 1973.		

Sistema radicular. Evidentemente, la porción de la fitomasa arbórea total, perteneciente al sistema radicular en bosques primarios, varía con las condiciones locales. Un estudio mundial indica que las raíces constituyen del 19 al 23% de la biomasa total (Bazilevich y Rodin 1966). Sin embargo, en un bosque mixto de bajura dominado por árboles de dipterocarpáceas en Malasia, las raíces constituían sólo el 7% (65 t/ha) del peso seco de los árboles (Brunig 1967). En un bosque perenne estacional de Camboya, las raíces constituían el 16% de la fitomasa arbórea (Hozumi *et al.* 1969), en tanto que en bosques estacionales perennes de tierra firme cerca de Manaus, Brasil, el porcentaje fue del 27% (Fittkau y Klinge 1973, Klinge y Rodrigues 1973). En climas secos, los árboles desarrollan sistemas de raíces más extensos (Kozlowski 1982). Longman y Jenik (1974) reconocen cuatro tipos de sistemas radiculares de árboles dicotiledóneos: 1) raíces gruesas horizontales, comúnmente fusionadas para formar raíces laminares o “contrafuertes”, sin raíz principal; 2) lo mismo, pero con raíz principal; 3) raíces débiles superficiales con una raíz principal prominente; 4) numerosas raíces aéreas, como zancos y una red de raíces subterráneas más débiles. Las raíces grandes y gruesas aparentemente proporcionan anclaje y transporte de nutrimentos, en tanto que las raíces finas absorben nutrimentos y agua. En un suelo latosol, cerca de Manaus, se encontró el 25% de las raíces finas entre la capa de hojarasca sobre el nivel del suelo (Klinge 1973).

Las llamativas raíces tipo gambas distinguen a los bosques tropicales húmedos de los bosques de la zona templada (Leigh 1975). Las raíces en forma de gambas y de zancos son muy comunes en los bosques pantanosos y en los manglares. Los árboles del estrato superior son los que más comúnmente producen raíces tipo gambas; las raíces tipo zanco pueden ocurrir en cualquier parte. En bosques subtropicales con bajas temperaturas, el tipo gambas es menos común (Baur 1964a). Se supone que las gambas ayudan a aumentar la estabilidad del árbol, pero su función no ha sido completamente demostrada (Longman y Jenik 1974). Los matapalos producen una forma de raíz que se desliza sobre la superficie del suelo, la cual es común en los bosques húmedos.

Troncos. En términos de la masa, los troncos constituyen el componente más grande del árbol. En un bosque primario cerca de Manaus, los troncos representan el 50% del peso total del árbol y el 68% del peso sobre el nivel del suelo; aproximadamente 295 t/ha de peso seco (Fittkau y Klinge 1973, Klinge *et al.* 1975).

Cuadro 3-8.—Porcentaje de fitomasa por componente arbóreo de dos especies de árboles en la India

Dap (cm)	Porcentaje del peso total				Peso fresco total (kg)
	Raíces	Tronco	Ramas	Hojas	
Shorea robusta					
3–6	18	66	10	6	6
13–16	22	66	7	5	77
22–25	22	54	19	5	291
Buchenavia lanzan					
3–6	25	59	6	10	5
13–16	12	75	8	5	53
22–25	11	54	30	5	184

Fuente: Sharma 1976.

En los bosques muy húmedos subtropicales de Puerto Rico, los troncos constituyen el 58% del peso total de los árboles y el 77% del peso sobre el nivel del suelo (Ovington 1972). En los bosques perennes estacionales de Camboya, los porcentajes correspondientes son 56 y 67%, o aproximadamente 135 t/ha de peso seco. En terrenos boscosos bajos tipo “miombo” en Katanga, en lo que hasta hace poco se conocía como Zaire, los troncos constituyen sólo el 44% del peso del árbol sobre el nivel del suelo, un indicador del tamaño corto del tronco y la gran ramificación, característica de árboles que crecen en condiciones secas (Malaisse *et al.* 1972).

Klinge y Rodrigues (1973) determinaron el peso verde sobre el nivel del suelo de árboles provenientes de bosques perennes estacionales en la Amazonia. Para árboles del estrato intermedio (entre 4 y 26 m sobre el nivel del suelo), los troncos representan del 61 al 67% del peso; en tanto que en el estrato de 24 a 35 m sobre el nivel del suelo, los troncos representan el 73%. Los troncos de la mayoría de los árboles de los bosques húmedos tropicales tienen forma de columna y, generalmente, son más derechos que los árboles de las especies latifoliadas de los bosques de zona templada (Leigh 1975). En una hectárea del bosque perenne cerca de Manaus, al menos el 75% de los árboles tenían troncos derechos de 8 m, y casi el 10% eran de 16 m o más (Prance *et al.* 1976). Además, la disminución progresiva del tronco es menor que en muchos otros tipos de bosques (Baur 1964a). La medición de la disminución progresiva de una mezcla de postes provenientes de un bosque muy húmedo de Puerto Rico rindió los siguientes promedios:

Tronco	
Diámetro central (cm)	Disminución promedio (cm/m)
10	1.1
20	1.4
30	1.7
40	1.9
50	2.2
60	2.5

El peso de la corteza medido en un bosque dipterocarpáceo mixto constituyó el 14% del peso total, cerca de 120 t/ha, en peso seco al horno (Brunig 1967). El grosor de la corteza de troncos y ramas de 434 árboles de 41 especies provenientes del bosque muy húmedo subtropical de Puerto Rico mostró un valor promedio de 0,6 cm para tallos de 10 cm de diámetro; 1,3 cm para troncos de 30 cm de diámetro, y 1,4 cm para troncos de 60 cm de diámetro. Para los troncos solamente, el promedio fue de 2,0 cm, con un máximo de 4,8 cm.

Ramas. El peso de las ramas varía mucho con la altura del árbol. En los bosques perennes del Amazonas, las ramas constituyen casi 128 t/ha del peso seco, o el 21% del peso verde total y el 29% del peso sobre el nivel del suelo (Fittkau y Klinge 1973, Klinge *et al.* 1975). En los bosques perennes estacionales de Camboya, los porcentajes correspondientes fueron de 26 y 31% (Hozumi *et al.* 1969). En los bosques relativamente secos de miombo del antiguo Zaire, las ramas constituían casi el 54% del peso sobre el nivel del suelo (Malaisse *et al.* 1972).

En los bosques muy húmedos de Puerto Rico y Tailandia, Crow (1978) descubrió una semejanza entre el peso del tronco y de las ramas y el resultado de multiplicar el dap por la altura del árbol. Según él, el logaritmo natural del peso de una rama seca al horno es equivalente a un coeficiente b , multiplicado por el logaritmo natural del dap al cuadrado, en centímetros cuadrados, y la altura del árbol en metros, menos una constante c . Descubrió que b y c son semejantes para ambos bosques, a pesar de la gran distancia entre los dos: 1,050 y 5,521 respectivamente para Puerto Rico y 1,027 y 5,116 para Tailandia.

La proporción que las ramas representan, varía con el tamaño del árbol y con el estrato. En bosques estacionales a lo largo del Amazonas, la proporción del peso de las ramas del árbol sobre el nivel del suelo es 26% en el estrato superior (24 a 35 m), de 31 a 34% en el estrato medio de 8 a 26 m, de 23% en el estrato medio de 4 a 6 metros, y 15% en el estrato inferior de 2 a 4 m (Klinge y Rodrigues 1973). La razón del peso de la rama en función del peso del tronco es significativa para la utilización del bosque. En bosques perennes cerca de Manaus, la razón es aproximadamente 0,43 (Fittkau y Klinge 1973, Klinge *et al.* 1975), aunque varía entre los cinco estratos arbóreos en un rango de 0,35 a 0,56; la razón más alta ocurre, de nuevo, en el estrato intermedio, entre los 8 y 14 m sobre el nivel del suelo (Klinge y Rodrigues 1973). En los bosques perennes estacionales de Camboya, la razón fue de 0,46 (Hozumi *et al.* 1969); en bosques de Tailandia, 0,29 (Ogawa *et al.* 1965), y los bosques tipo miombo del África, el peso de las ramas fue equivalente al 123% del peso del tronco, lo cual refleja la forma ramificada de los árboles en ese lugar (Malaisse *et al.* 1972).

Copas. El tamaño y la forma de las copas de los árboles influye en la productividad. Los árboles del dosel superior tienen copas horizontales poco densas; los del estrato inferior, por el contrario, tienen copas verticales y profundas. Zavitkovski *et al.* (1974) llegaron a la conclusión de que en la zona templada, la extensión vertical de las copas es significativa para la productividad, y sugirieron que se usara como indicador la razón de plenitud de copa (ancho de copa entre la altura de copa) de Assman (1970). La razón diámetro de copa/dap (índice de espacio de crecimiento de Assman) también es significativa para la tasa de crecimiento. En los trópicos, estas razones varían entre 14 y 28; las especies de alto rendimiento, típicamente tienen una razón diámetro de la copa/dap de 15 a 20, y de 25 o

más las especies de menor rendimiento (Dawkins 1963a). Assman (1970) descubrió que la razón diámetro de copa/dap es mayor para los árboles suprimidos que para los dominantes, y que esta razón declina con la edad. Dawkins (1963a) opina que en los trópicos también declina con la edad en árboles tolerantes a la sombra, pero los demandantes de luz mantienen una razón diámetro de copa/dap casi constante durante toda su vida.

Para muchas especies arbóreas de Nueva Guinea, la razón dap/ancho de copa en bosques pluviales es casi lineal, con una variación entre 21 y 23 (Paijmans 1970); la *Mora excelsa* en Trinidad (Bell 1971) y un grupo de 15 especies en Puerto Rico (Wadsworth *et al.* 1989) mostraron una razón de 22. La razón diámetro de copa grande/dap (razones de hasta 40) explican los bajos volúmenes de madera por unidad de área que producen los árboles enormes que ocurren en grupos en África (Catinot 1974).

Follaje. El follaje abarca del 2 al 5% del total de biomasa de los bosques tropicales (Bazilevich y Rodin 1966, Brunig 1967, Fittkau y Klinge 1973, Hozumi *et al.* 1969, Klinge *et al.* 1975). El peso de las hojas varía mucho con la altura sobre el nivel del suelo. Cerca de Manaus, Brasil, el peso de las hojas significa el 1% del peso aéreo total de los árboles del estrato superior, con una altura de 24 a 35 m (Klinge y Rodrigues 1973). En el segundo estrato, de 17 a 26 m de altura, las hojas constituyen el 2% del peso; el 6% en el tercer estrato, a 8-14 m, y el 46% en el cuarto estrato, a una altura de 2 a 3 m.

Las hojas de los bosques perennes primarios pesan sólo del 3 al 4% de la madera acumulada (Brunig 1967, Fittkau y Klinge 1973). Sin embargo, el peso seco de la producción anual de hojas en tales bosques es aproximadamente igual al de la madera nueva producida cada año (Jordan 1971a). En contraste, en la zona templada la producción de madera excede a la producción de hojas en 50 a 60%.

Las hojas son el centro mismo de la actividad fotosintética. La superficie foliar comúnmente se expresa en función del área de terreno en la misma unidad: el índice de superficie foliar. Estudios en la zona templada indican que existe un índice óptimo de superficie foliar, y que la productividad se ve afectada cuando el índice está por encima o por debajo de ese nivel (Zavitkovski *et al.* 1974). Los índices de superficie

foliar en bosques primarios varían de 7 en bosques estacionales hasta casi 12 en bosques pluviales, con un máximo de 22 (Golley *et al.* 1975, Hozumi *et al.* 1969, Kira *et al.* 1964). Los bosques tropicales muestran semejanzas en cuanto a formas y tamaños de hojas entre familias de plantas no relacionadas (Leigh 1975). Hojas con borde entero y puntas acuminadas prevalecen en los bosques húmedos; el largo promedio de las hojas varía entre 7 y 13 cm, y el área entre 20 y 180 cm². Especies oportunistas demandantes de luz en bosques pluviales, tales como *Ochroma* spp. y *Cecropia* spp., producen hojas excepcionalmente grandes. El tamaño de la hoja decrece en las zonas frías montañosas (Baur 1964a). Las hojas compuestas son más comunes en bosques secos o en los estratos superiores expuestos de los bosques húmedos. En los bosques pluviales de Surinam, casi el 25% de los árboles del estrato superior tienen hojas compuestas (Schulz 1960).

Se han reconocido cuatro patrones en la fenología de las hojas de los árboles tropicales (Longman y Jenik 1974): 1) caída de las hojas antes de brotar las yemas, el árbol permanece total o parcialmente defoliado durante períodos que van de varias semanas a varios meses; 2) caída de las hojas asociada con el brote de las yemas; 3) caída de las hojas mucho después del brote de las yemas; 4) producción y pérdida continua de hojas.

La naturaleza caducifolia, característica de los tres primeros patrones, está ausente o rara vez ocurre en los bosques pluviales (Baur 1964a). En los bosques perennes estacionales, casi un tercio de los árboles son caducifolios, mientras que en los bosques semiperennes, son casi la mitad. La naturaleza caducifolia parece ser parcialmente de carácter genético, ya que el fenómeno es característico de algunos géneros (*Ceiba* y *Andira*), independientemente del clima. También puede ser de carácter ambiental, ya que el momento, grado y longitud del período caducifolio pueden variar con el clima.

En Venezuela se estableció una relación entre el porcentaje de árboles caducifolios en el bosque y el número de meses de sequía (la precipitación en milímetros es menos que el doble de la temperatura en grados Celsius) (Veillon 1963). Con un mes de sequía, la caducidad fue del 20%; con tres meses, 53%; con cinco meses, 88%; y con nueve meses, 93%. Otras adaptaciones que buscan reducir la desecación, incluyen un menor número y tamaño de hojas, estomas hundidos, cierre rápido de estomas y hojas enceradas (Kozlowski 1982).

En Sri Lanka, la caducidad de las hojas suele ocurrir después de un período de baja humedad y poca precipitación, mientras que los nuevos brotes aparecen después de un período de alta humedad y precipitación (Koelmeyer 1959). El brote de nuevas hojas de 150 especies de dipterocarpáceas en Malasia ocurre dos veces al año, en abril y octubre (Ng 1981). En los bosques secos, algunos árboles pierden sus hojas en tiempos no relacionados con la estación de sequía (Madge 1965); así, una especie pierde sus hojas dos veces al año: una vez a mitad de la estación de sequía y otra vez al comienzo de la estación húmeda. *Alchornea* pierde sus hojas a mitad de la estación de lluvias.

Composición del bosque

La composición de un bosque se enfoca como la diversidad de especies en un ecosistema, la cual se mide por su riqueza (cantidad de especies), representatividad (balance equitativo de las especies) y heterogeneidad (disimilitud entre riqueza y representatividad) (Peet 1974).

Diversidad. La composición es el conjunto de especies de organismos que componen el bosque. Un atributo importante de casi todos los bosques tropicales es el gran número de especies que contienen. De los 3 a 10 millones de especies de organismos que hay en el mundo, dos tercios son propios de los trópicos, y la mayoría viven en los bosques (Prance 1982). Posiblemente el 80% de las especies de plantas tropicales ya se hayan identificadas, pero menos del 50% de los insectos. En la Amazonia solamente, existe un millón de especies de insectos y más de 50 000 especies de plantas superiores. En un mundo donde los cultivos alimenticios principales no llegan a 20 especies, la riqueza de los bosques tropicales sugiere que allí, a nuestro alcance, existen mayores recursos que todavía no se han tocado.

El gran número de especies arbóreas en los bosques primarios neotropicales ha sido registrado por Gentry (1988) y Gentry y Dodson (1987). En una parcela de 0,1 ha en Río Palenque, Perú, se encontró un total de 653 árboles (incluyendo plántulas) de 114 especies distintas. El número de árboles con ≥ 10 cm dap fue de 52 individuos y 32 especies, menos de 2 árboles por especie. En una parcela de 1 ha en Yamamono, Perú, la cantidad de especies de árboles fue de 285, similar a lo encontrado en bosques más complejos del Extremo Oriente (Whitmore 1984).

Estudios en bosques perennes de Sudamérica tropical muestran grandes diferencias en cuanto a cantidades de especies arbóreas. En parcelas de 0,1 ha en varios bosques de Surinam, la cantidad promedio de especies de árboles con dap \$ 10 cm variaba entre 110 y 120 (Schulz 1960). En una parcela de 3,5 ha en Castanhal, Para, Brasil, se encontraron 179 especies de árboles con dap \$ 10 cm; cerca de allí se encontraron 70 especies adicionales (Pires *et al.* 1953). En un bosque de tierra firme cerca de Manaus, Brasil se encontraron 51 especies de árboles con dap \$ 15 cm en una parcela de 0,25 ha; 99 especies en 0,5 ha, y 179 especies en 1 ha (Prance *et al.* 196); esto es, una especie por cada dos árboles.

La Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO) ha efectuado muestreos de los bosques de tierra firme, los cuales constituyen casi el 95% de la vegetación a lo largo del Amazonas. El inventario de los bosques del Amazonas hecho por FAO (Cuadro 3-9) cubrió una serie de transectos de este a oeste de más de 3500 km de largo y una superficie de 1200 ha (Glerum 1960, Heinsdijk 1957, 1958a, 1958b, 1958c).

Las especies arbóreas de los bosques perennes tropicales son no sólo numerosas sin también taxonómicamente distintas. De todas las familias botánicas, 72 están compuestas esencialmente de árboles tropicales (Baur 1964a). De estas, 16 se encuentran en las tres regiones tropicales: África, América y el Asia y el Pacífico; otras 32 se encuentran en dos regiones y 24 están confinadas a una región. Muchos géneros también están representados en dos o tres regiones; una especie, *Ceiba pentandra*, se encuentra en las tres regiones, lo que supuestamente se debe a la movilidad de sus semillas.

Cuadro 3-9.—Número de especies arbóreas con dap >25 cm, por unidad de bosque de tierra firme en el Amazonas		
Subregión	Unidad de 10 ha	Unidad de 50 ha
Madeira-Tapajós	141–150	192–200
Tapajos-Xingú	100–118	142–198
Xingú-Tocantins	121–126	157–171
Tocantins-Guama/Capim	118–124	156–178
Fuente: Heinsdijk 1957, 1958a, 1958b, and 1958c.		

En el neotrópico, los géneros mejor representados son los siguientes:

Género	Familia	No. de especies
<i>Miconia</i>	Melastomataceae	700-900
<i>Myrcia</i>	Myrtaceae	500
<i>Guatteria</i>	Annonaceae	250
<i>Inga</i>	Fabaceae	200-250
<i>Psidium</i>	Myrtaceae	150
<i>Coccoloba</i>	Polygonaceae	125-150
<i>Cecropia</i>	Moraceae	120

En el extenso levantamiento efectuado por la FAO en el valle del Amazonas predominaban tres familias botánicas en los árboles de >25 cm dap (Cuadro 3-10). A pesar del amplio espectro de las muestras en 3500 km, la mayoría de los grupos botánicos no muestran preferencia por ninguno de los dos extremos. Unos pocos grupos están mejor representados en el extremo oeste, en la zona central del Amazonas: Celastraceae, Eleocarpaceae, Melastomataceae, Moraceae, Myristaceae, Nyctaginaceae, Olacaceae y Vochysiaceae. Aparentemente, los géneros más comunes en el bajo Amazonas incluyen *Eschweilera*, *Manilkara*, *Micropholis* y *Vouacapoua*.

Fanshawe (1952) describió dos bosques dominados por especies únicas en Guyana; un tipo de bosque pluvial dominado por *Ocotea* y otro sobre arena blanca dominado por *Epirua* (wallaba). Ambas especies se regeneran abundantemente, lo que constituye un ejemplo de la tendencia a que una sola especie domine el bosque en sitios adversos, tales como el de arenas blancas (Schulz 1960). Los manglares, por la misma razón, son bosques de diversidad limitada, casi enteramente compuestos de una o dos especies de árboles (van Steenis 1958).

Las especies de árboles dominantes tienden a ser: 1) bien adaptadas al sitio; 2) diseminadoras de semilla abundante y frecuente; 3) relativamente capaces de tolerar la sombra en su juventud; 4) capaces de aprovechar aperturas del dosel; 5) de alta estatura, y 6) de copas bastante densas (Baur 1964a).

La dominancia de una o pocas especies en los bosques pluviales es más común de lo que generalmente se cree. En muchos, la definición del tipo de bosque u otras clasificaciones depende, por lo general, de la conducta de unas pocas especies claves. No obstante, especies

Cuadro 3-10.—Porcentaje de todos los árboles con dap >25 cm, por familia en el bosque planalto del Amazonas

Familia	Ubicación			
	Madeira-Tapajos (Amazonas Central)	Orilla occidental del río Tapajós	Orilla occidental del río Xingú	Tocantins-Capui (bajo Amazonas)
Burseraceae	4.2	7.0	6.0	6.1
Lauraceae	6.6	7.0	4.2	1.9
Lecythidaceae	11.5	14.5	15.2	25.8
Leguminosae	17.7	21.8	21.1	18.9
Moraceae	5.0	6.5	3.4	2.2
Myristicaceae	4.0	6.1	2.2	0.8
Rosaceae	7.0	1.1	5.8	6.4
Sapotaceae	12.8	9.2	19.7	18.4

Fuente: Heinsdijk 1960.

ecológicamente dominantes no siempre son las indicadoras para la clasificación de los bosques pluviales (Baur 1964a), aunque sí pueden estar directamente relacionadas con la ocurrencia de especies económicamente importantes.

La composición final de una comunidad forestal no perturbada se puede atribuir, tanto a la oportunidad como a la competencia; la primera selecciona entre las especies pioneras potenciales, y la segunda establece un equilibrio dinámico en la estructura y el patrón del bosque (Poore 1964). Una manera de describir al bosque pluvial es que este constituye un continuum de especies, cada una con cierto grado de tolerancia (Schulz 1960). Puede haber grandes diferencias en los extremos del espectro, pero ninguna en el centro; el concepto de un continuum uniforme es tan imposible como el de una asociación discretamente diferenciada.

La distribución natural de una especie vegetal no sólo resulta de las condiciones físicas prevaletantes en el hábitat. En los trópicos, la competencia más que el ambiente físico controla la selectividad de los organismos (Dobzhansky 1950). Las plantas normalmente pueden existir muy lejos de sus zonas de distribución natural, si se las protege de la competencia. El límite de distribución natural de una especie es cuando -como resultado de factores ambientales físicos cambiantes- su capacidad de competir se reduce hasta tal punto que otras especies la eliminan del sitio (Walters 1973).

Las especies de una misma comunidad ocupan distintos nichos ecológicos, o hábitats específicos, y rara vez compiten directamente en todos los aspectos. El principio de exclusión de Gause (1934) declara que dos o más especies, con precisamente los mismos requisitos y hábitos de vida, no pueden coexistir indefinidamente en un mismo hábitat, porque una de ellas inevitablemente será más eficiente y eliminará a la otra. Sin embargo, cada especie no necesita ocupar un nicho completamente distinto; aunque superficialmente semejantes, dos o más especies pueden ser distintas en cuanto a otras características menos aparentes, tales como duración de la vida, tasa de crecimiento, tolerancia, estrategia y mecanismo reproductivo, fenología y dispersión de semillas (Richards 1969).

La evolución tiende a la disgregación en nichos similares (Whittaker 1965, 1970). Ashton (1969) llamó a este proceso el de “evitamiento mutuo”, el cual ha tenido el efecto de reducir los bancos genéticos de las especies en bosques tropicales primarios estables, pero a la vez, fomentar la estabilidad morfológica.

La razón por la cual existen grandes cantidades de especies de árboles en los bosques tropicales es compleja. Ya no se piensa que se debe simplemente al ambiente favorable para el crecimiento de las plantas, con pocos extremos de temperatura o de humedad. Una teoría decía que la “naturaleza poco competitiva” de un ambiente “tan permisivo” (Baker 1970b) favorecía la supervivencia de formas mutantes, creando de ese modo la diversidad (van Steenis 1969). Por eso mismo, se suponía que la tasa de extinción de especies sería baja.

Este razonamiento no solo es cuestionable en cuanto al supuesto grado de competencia, sino que además es razonable suponer que un ambiente permisivo no necesariamente estimula la evolución de las especies presentes.

El papel que juegan los depredadores en prevenir la dominación de unas pocas especies (y favorecer, por lo tanto, la coexistencia de muchas) ha sido bien demostrado por Janzen (1970a), quien ha estudiado los bosques tropicales en ambos hemisferios. Sin embargo, pocos están dispuestos a considerar al componente animal como fuerza de selección poderosa en la evolución de las plantas. Janzen postula que la riqueza de la flora tropical de tierras bajas y las distancias relativamente largas entre árboles de las mismas especies resultan, en parte, de la acción de los depredadores sobre semillas y plántulas. Indica que todo acontecimiento que aumente la eficacia de la depredación sobre las semillas y plántulas de una especie dada, puede reducir la población de los adultos de tal especie o aumentar la distancia entre nuevos adultos y sus parientes. Cualquiera de estas dos condiciones puede generar un mayor número de especies, al impedir que las más competidoras se vuelvan tan comunes como para eliminar a todas las demás. La explicación de Janzen, sin embargo, no se puede aplicar a todos los casos.

La riqueza de especies (diversidad) es de origen antiguo. La especiación ha estado progresando desde la separación de los continentes. En el Amazonas (y en el África también) los cambios climáticos de una época tan reciente como hace 1500 años, produjeron un ambiente más seco y frío, el cual favorecía sólo a zonas aisladas de los bosques. Probablemente nuevas especies se desarrollaron en esas zonas, aumentando la riqueza de especies de larga duración. Quizás se desarrollaron también trepadoras leñosas y una rica flora de arbustos (Budowski 1965).

La riqueza de los bosques húmedos tropicales primarios se debe, en parte, a que la coevolución y sucesión han progresado hasta un punto de estabilidad relativa, en que las especies sacan provecho de su interdependencia con las demás. Las principales especies de árboles, a diferencia de las de bosques secundarios, toleran la sombra, especialmente en su juventud, y son de larga vida.

Los ecosistemas con muchas especies generalmente se encuentran en ambientes con poca fluctuación climática

a través del tiempo. Ese ha sido el caso en los trópicos húmedos y en las zonas subtropicales (Stern y Roche 1974) desde el período Cretáceo (Baker 1970b); estas regiones en su mayoría no sufrieron glaciación (Longman y Jenik 1974). Ashton y Brunig (1975) indican que si bien se dieron algunos cambios climáticos durante el Pleistoceno, especialmente en África y en el neotrópico, siempre quedaron refugios para los bosques húmedos. Esto hace suponer que la mayoría de las especies han evolucionado hasta alcanzar un alto grado de competencia. La estabilidad de los trópicos en el pasado, según Connell y Oriens (1964), permite que la energía, que de otro modo regularía el clima, sea usada para generar una mayor productividad, mayores poblaciones de organismos y mayores oportunidades para la formación de asociaciones interespecíficas, creando así una mayor variedad genética.

El tiempo durante el cual un ambiente ha permanecido estable afecta el desarrollo y regulación de los nichos, la mayoría de los cuales resultan, no de la variación en el ambiente físico, sino de las interacciones entre organismos (Connell y Oriens 1964). Ashton (1969) llegó a la conclusión de que la estabilidad estacional y geológica ha resultado en una selección que favorece el evitamiento mutuo, la especialización creciente, una mayor cantidad de nichos (pero más limitados), y sistemas integrados de gran eficiencia productiva.

Adaptaciones funcionales contribuyen a la coexistencia de muchísimas especies; por ejemplo, especialistas secuenciales (tienen estrategias funcionales estacionales), especies intersticiales (dependen de franjas estrechas entre densidades altas de otras especies), y especies hipercontingentes (dependen directamente de las relaciones entre, al menos, otras dos especies) (Colwell 1973). Un pequeño aumento en la cantidad de nichos que se desarrollan de este modo puede hacer la diferencia en la cantidad de especies (Stern y Roche 1974).

La diversidad se puede manifestar en varias formas, tales como micrositios dentro de un hábitat, polimorfismo, asociaciones a niveles mayores que los de las especies, variaciones genéticas de una especie y edad (Harper 1977). Según Ashton (1969), es difícil relacionar la composición del bosque con alguna causa específica. Según él, cada árbol del bosque pluvial ocupa una sucesión de microhábitats a lo largo de su vida. Por consiguiente, es imposible determinar si un árbol dado alcanza la madurez mediante un proceso de selección,

una serie compleja de obstáculos competitivos, o por pura suerte. Se supone que las tres razones están involucradas y que la importancia relativa de cada una varía, aunque la selección siempre juega un papel crítico.

Una buen análisis de las hipótesis sobre diversidad y estrategias de adaptación en los bosques pluviales fue presentada en español por Toledo (1976), quien dio énfasis a la necesidad de estudiar el ciclo de vida de una mayor cantidad de especies.

Un análisis de los bosques de Costa Rica sugiere que la riqueza de las especies no aumenta con los nutrimentos disponibles en el suelo; en verdad, la relación quizás sea justamente al contrario (Huston 1980). Se determinó la riqueza de especies arbóreas en parcelas de 0,1 ha; los parámetros significativos de nutrimentos del suelo fueron: fósforo (P), potasio (K), calcio (Ca), sodio (Na), bases totales, saturación de bases y capacidad de intercambio catiónico. No se encontró ninguna relación significativa para el nitrógeno disponible (N), N total, sustancias orgánicas, manganeso (Mn) ni magnesio (Mg). Las correlaciones con la precipitación, densidad, altura de los árboles y fertilidad del suelo sugieren que en la gama de los 46 sitios estudiados, la mayor riqueza forestal ocurre bajo condiciones pobres.

Whitmore (1982) postula que los bosques más ricos en especies son los que se están recuperando de una perturbación de grandes proporciones y que contienen especies pioneras y sucesoras; esta es la hipótesis de la perturbación intermedia de Connell y Oriens (1964). Las perturbaciones que alcanzan un cierto grado se consideran continuas y facilitan la coexistencia de bosques maduros y de otras etapas (Oriens 1982). Con una mezcla tal, se da una gran duplicación en los niveles de tolerancia.

La diversidad de especies a menudo se considera una medida de la estabilidad del ecosistema (Stern y Roche 1974). En un sentido general, esta premisa es verdadera, porque los sistemas diversos en los trópicos están adaptados para mantenerse en un ambiente relativamente estable. La rapidez con la que los sitios aclarados se reforestan de manera natural, quizás se relacione positivamente con la riqueza de especies que antes hubo. Sin embargo, si el término estabilidad se considera literalmente, la diversidad y complejidad dan raíz a la fragilidad en vez de la estabilidad. La probabilidad de que las perturbaciones afecten en

alguna medida a las cadenas alimenticias, nutrimentos intrabióticos, diversidad bioquímica, heterogeneidad espacial, ciclos minerales e interdependencias internas es mucho mayor en los ecosistemas complejos que en los simples.

La diversidad ha sido un obstáculo poderoso contra la explotación de los bosques tropicales mixtos. El porcentaje de especies de árboles de interés comercial, en el pasado, era muy bajo, y entre las especies comerciales, el porcentaje de troncos comerciales (al menos para el mercado de exportación) era aún más bajo. En los ricos bosques de Borneo, por ejemplo, en el año 1967 se utilizaban sólo 45 t/ha: el 7% del volumen de madera, o el 5% de la biomasa total (Brunig 1967).

El crecimiento de la población del trópico y la expansión de los mercados locales han aumentado enormemente la proporción de madera industrial que se puede cosechar en algunas zonas. Cartón de Colombia (Frisk 1979), por ejemplo, ha utilizado casi dos tercios del volumen de madera (100 especies) en sus bosques mixtos para una variedad de productos, incluyendo celulosa.

La diversidad de especies se expresa comúnmente mediante la cantidad de especies por unidad de terreno: la cantidad de especies aumenta a medida que aumenta la superficie. Una medida bruta de la "importancia" de cualquier especie puede ser expresada en términos de la dominancia, densidad y frecuencia (Curtis y McIntosh 1950). La dominancia es la proporción del área basal total; la densidad es la proporción de la cantidad total de árboles, y la frecuencia es la proporción del número de veces que aparece la especie en una serie de muestreos dados. Baur considera que el área basal solamente es un buen indicador de la importancia de una especie (1964a, 1964b); pero Schulz (1960) afirma que da un peso muy grande a los dominantes poco frecuentes; esto se corrobora con los datos de parcelas de 2 ha en Brasil y Malasia (Baur 1964a): de 405 especies de árboles, 166 (el 41%) estaban representadas por un sólo árbol.

La diversidad de los bosques tropicales y se debe medir por algo más que la cantidad de especies presentes, o por cualquier estratificación horizontal de las especies. La diversidad significativa también debe considerar la incidencia relativa de las distintas especies.

Heterogeneidad. La existencia de un gran número de especies en los bosques del trópico se complica aún más con la heterogeneidad, o la falta de consistencia de un

lugar a otro. En todos los bosques de la región húmeda tropical se ha registrado un patrón de ocurrencia en parches de especies y grupos. Descritas como una “discontinuidad” entre los árboles más altos y la vegetación herbácea y una “aglomeración” de los árboles más pequeños (Fontaine 1976), la ocurrencia de parches ha sido observada particularmente en la regeneración, un hecho de gran significado para la producción de madera (Baur 1964a). En Surinam, se observó que las especies que dominan el dosel ocurren en grupos, y que una cantidad relativamente pequeña de especies lideran en cada grupo (Schulz 1960). Muchas de estas especies se encuentran comúnmente en todos los grupos, pero su prominencia varía. Los parches de distintas especies también pueden ocurrir en bosques secundarios desde edades tan tempranas como los 12 años (Webb *et al.* 1972).

Algunos observadores han llegado a la conclusión de que la ocurrencia de parches se produce al azar. Estudios iniciales en Nigeria indicaban que los árboles emergentes se distribuyen más al azar que los de los estratos inferiores, con unos pocos pares de especies asociadas (Jones 1955, 1956). Observaciones en Surinam indicaron que las variaciones en la composición de los bosques son accidentales, pero aún no se sabe con certeza si los bosques mixtos son agregaciones que se forman puramente al azar sin patrón alguno (Schulz 1960).

Estudios subsiguientes en Nigeria apoyaron la teoría de que el patrón se había producido puramente al azar, porque muchas especies eran intercambiables (a pesar del principio de exclusión de Gause), con requisitos fisiológicos y ecológicos similares (Longman y Jenik 1974).

Otras teorías que buscan explicar la heterogeneidad se basan en variaciones microambientales muy intrincadas. Richards (1953) observó que la mayoría de las especies ocurren a través de grandes extensiones, sugiriendo que su ocurrencia quizás varíe con la región, en respuesta a leves cambios de topografía, suelo y microclima. Webb *et al.* (1967) llegaron a la conclusión de que la composición de la flora de los bosques pluviales de Australia refleja el ambiente con gran precisión y que la cohesión social dentro del bosque es más vertical que horizontal. Cada grupo de especies fue visto como un sistema funcional de plantas que interactúan, y que conforman un ecosistema básico con su propio microambiente y organismos animales. Estudios en los

bosques de tierras bajas de Malasia (Poore 1968) sugieren que las especies raras ocurren en asociaciones sensibles al suelo y al microambiente, pero inmersas en una matriz de especies más comunes cuya distribución está dada al azar. Se observó que distintos grupos de especies ocupan hábitats precisos, con diferentes rangos de tolerancia.

Posiblemente la explicación más plausible de la heterogeneidad en la composición del bosque tropical está en la infinita variedad de circunstancias que influyen en la reproducción. El hecho que tales influencias varíen también con el tiempo aumenta el misterio. Aubreville (1948) desarrolló una teoría interesante después de largas observaciones en el África occidental, la cual se conoce como la teoría del mosaico (Richards 1952). Se sugiere que sólo ciertas especies pueden suceder a otras, formando una variedad de secuencias de especies contemporáneas pero distintas.

Baur (1964b) considera que la ocurrencia de parches de especies es el resultado de la mortalidad en el estrato superior. La muerte de un árbol maduro que permanece en pie estimula a las especies oportunistas capaces de aprovechar el claro, y no a todas las especies secundarias. Si el árbol se cae, creando un gran claro, entonces sí aparece una serie de especies secundarias de edad pareja. Poore (1968) afirma que en los bosques de Malasia, la distribución de las especies comunes está determinada principalmente por las relaciones entre floración, fructificación, dispersión y creación de claros.

Longman y Jenik (1974) describen tres características de los bosques primarios que tienden a confirmar el papel de los factores reproductivos como una de las causas de la heterogeneidad:

1. Rodales maduros con un dosel ininterrumpido de grandes árboles, lianas y plantas trepadoras, pocos pastos y yerbas que cubren una pequeña parte del suelo; plántulas y árboles pequeños dispersos de manera irregular.
2. Los claros provocados por la caída de árboles normalmente abarcan menos del 5% de la superficie del bosque; exuberante desarrollo de trepadoras y yerbas; germinación de semillas en estado de dormancia; crecimiento acelerado de las plántulas.
3. Matorrales que llenaron un claro con masas densas e intrincadas de trepadoras vivas y muertas, poca

intensidad de luz en los estratos inferiores y ninguna cobertura de yerbas.

Según Ashton (1969) la distribución de las especies de árboles dentro del bosque varía con el tamaño de los claros recientes y con su proximidad a la fuente de las semillas; por ello, un simple conteo puede ser engañoso para determinar los factores responsables. Con el conteo se pueden registrar las consecuencias de acontecimientos históricos y catastróficos y las dificultades subsiguientes para el restablecimiento de ciertas especies, cuya presencia posiblemente todavía no es evidente.

Como se ve, no es fácil explicar la riqueza de especies en los bosques húmedos tropicales. Tal riqueza no se debe simplemente a la ausencia de competencia, pues esta es feroz y lo suficientemente intensa como para compensar las condiciones favorables del ambiente con un rápido crecimiento. De hecho, el área basal en los bosques tropicales no es mayor que en los bosques templados. Lo más probable es que un largo período de estabilidad, intimidad creciente e interdependencia entre las especies haya fomentado la diversidad.

Al igual que los árboles, los pequeños mamíferos de los ecosistemas tropicales se distribuyen en forma desigual entre especies (Fleming 1975). Generalmente, hay de una a tres especies dominantes; sin embargo, la biomasa podría concentrarse en varias especies (no necesariamente abundantes). Las especies raras constituyen una mayor proporción de aves en los bosques tropicales que los bosques templados. Los bosques húmedos tropicales mixtos, con poca variación entre las estaciones, favorecen una extremada especialización en cuanto al hábitat de alimentación de las aves.

Ciclo de nutrimentos

Los bosques primarios se reconocen por la gran acumulación de materia orgánica, concentración de nutrimentos en la biota, ciclos cerrados de nutrimentos, lentas tasas de intercambio de nutrimentos entre los organismos y el ambiente y una buena conservación de nutrimentos (Odum 1969). Estos atributos generalmente contribuyen a la estabilidad, base fundamental de una producción sostenida.

Los elementos nutritivos se pueden clasificar en tres grupos: no metálicos: N, P, S y boro (B); metales livianos: K, Ca y Mg; metales pesados: hierro (Fe), Mn, cobre (Cu), cinc (Zn) y molibdeno (Mo) (Assman 1970).

Los nutrimentos provienen de los minerales que se encuentran en la atmósfera, sobre y bajo el suelo. Estos minerales se encuentran suspendidos y fácilmente disponibles en el humus y suelos arcillosos (Assman 1970). En el trópico húmedo, los nutrimentos minerales absorbidos por los bosques pueden alcanzar 2 t/ha/año (Bazilevich y Rodin 1966). En el Cuadro 3-11 se presenta la composición física y química de un bosque húmedo no perturbado en Kobo, Surinam. La preponderancia de N es impresionante, ya que constituye tres cuartos de la fitomasa total; notable también es el hecho de que sólo el 20% del N se encuentra en la fitomasa sobre el nivel del suelo.

Sólo el 0,3% del N del mundo se halla en organismos vivientes, en el humus y en los compuestos del fondo del mar (Wollum y Davey 1975). Casi todo lo demás, 97,8%, se encuentra en las rocas; sólo el 1,9% se encuentra en la atmósfera. En la zona templada, el N que se añade de la atmósfera a la superficie de la tierra es de 4 a 10 kg/ha/año (Wollum y Davey 1975). El reciclaje del N, al contrario de los demás nutrimentos, puede ser de 6 a 10 veces mayor en los bosques tropicales que en los bosques de la zona templada (Laudelot y Meyer 1954).

En parte, los bosques obtienen N de la atmósfera, especialmente durante las tormentas fuertes, pero principalmente a través de la fijación biológica, atribuida a algas azul-verdosas (con la participación de líquenes) y bacterias (Wollum y Davey 1975). Esta fijación quizás alcanza de 20 a 40 kg/ha/año. En los bosques húmedos, ciertos microorganismos fijan nitrógeno en la filosfera, la zona donde las hojas y la atmósfera están en contacto.

Más conocida, sin embargo, es la fijación del N en los bosques a través de la relación de ciertos microbios con las raíces de ciertas especies leguminosas. En forma cultivada, las leguminosas son capaces de fijar hasta 200 kg/ha/año de N. El proceso requiere la participación de otros minerales, como Mo, Ca, Fe, y Cu. Casi no se ha estudiado la fijación de N por especies leguminosas en bosques naturales; un muestreo extensivo de plantas leguminosas indicó que el 90% tienen nódulos, lo que sugiere que fijan N; no obstante, esto no ha sido comprobado (Wollum y Davey 1975). En África occidental, los árboles leguminosos son bastante comunes, pero la mayoría no tienen nódulos en sus raíces.

Plantas no leguminosas con nódulos, tanto angiospermas como gimnospermas, también existen en los bosques

Cuadro 3–11.—Biomasa y nutrientes principales en un bosque húmedo no perturbado en Kabo, Surinam

Componente	Fitomasa seca (t/ha)	Nutrientes (kg/ha)				
		N	P	K	Ca	Mg
Hojas	10	170	9	112	66	21
Ramas	105	532	44	361	542	60
Troncos	231	767	53	521	811	115
Raíces	26	289	13	122	47	40
Subtotal	372	1,758	119	1,116	1,466	236
Hojarasca ^a	48	365 ^c	25 ^d	45 ^e	227 ^e	59 ^e
Materia orgánica del suelo ^b	129	7,869 ^c	20 ^d	113 ^e	173 ^e	83 ^e
Total ecosistema	549	9,992	164	1,274	1,866	378

Fuente: Anón. 1980a.

Nota: N = Nitrógeno. K = Potasio. Mg = Magnesio. P = Fósforo. Ca = Calcio.

^a Incluye árboles muertos en pie.^b A una profundidad de 170 cm.^c Contenido total de N.^d P-Bray I: P disponible.^e Cationes intercambiables.

tropicales. Entre las angiospermas hay 10 familias, 15 géneros y 113 especies, incluso *Casuarina* y *Alnus* (Wollum y Davey 1975). Las plantas no leguminosas, fijadoras de N, generalmente son menos activas que las leguminosas.

Como depósito total de N, el piso forestal es más importante que el suelo mineral. El contenido de N en la mayoría de los suelos superficiales varía de 0,3 a 0,4% por peso, disminuyendo con la profundidad (Wollum y Davey 1975). La mayor parte del N que llega al suelo es inmovilizado por organismos que lo necesitan para crecer, y además lo convierten en formas utilizables por las plantas. Por consiguiente, la mayoría del N en y sobre el suelo no está a disposición de las raíces de las plantas; gran parte puede quedarse en el humus, y debe sufrir cambios para liberar el amoníaco (Wollum y Davey 1975).

El agua de lluvia tiene y transporta nutrientes a medida que pasa a través del bosque; al llegar al piso forestal, generalmente lleva mucho más de lo que contenía inicialmente. En el bosque pluvial de tierras bajas de Malasia, el 98% de los nutrientes añadidos por la precipitación alcanzan el suelo por un flujo pluvial directo y el resto por flujo pluvial tangencial o

ramificado (Manokaran 1980). No se sabe cuánto de estos nutrientes disueltos se pierden, pues no se analizó el agua más allá de la zona de las raíces, donde gran parte de los minerales acarreados por la lluvia pueden ser absorbidos. El cuadro 3-12 da un resumen de los cambios en el contenido de nutrientes acarreados por el agua de lluvia en el bosque La Selva de Costa Rica (McColl 1970).

Una fuente principal de nutrientes proviene del reciclaje de la hojarasca (hojas, ramas y otra vegetación muerta que se acumula en el piso forestal). Algunos consideran que la hojarasca se relaciona directamente con la productividad bruta. La cantidad de hojarasca varía enormemente de un lugar a otro; en Panamá, se midieron variaciones de 0,7 a 4,6% de la biomasa en pie (Golley *et al.* 1975); en Costa Rica, el 58% del total consistía de hojas, el 38% de ramas y el 4% de flores y frutos.

En el hemisferio occidental, las tasas de hojarasca varían de 7 t/ha/año en bosques de *Mora excelsa* en Trinidad (Cornforth 1970a) a 10,2 t/ha/año en bosques pluviales colombianos (Bray y Gorham 1964) y 21,9 t/ha/año en la Amazonia (Stark 1971).

Cuadro 3-12.—Cambios en el contenido de nutrimentos en agua de lluvia, La Selva, Costa Rica

Ubicación	Contenido de nutrimentos				
	N (pp/m) ^a	P (pp/m)	K (meq/L) ^b	Ca (meq/L)	Mg (meq/L)
Precipitación	0.110	0.000	0.006	0.008	.010
Flujo pluvial directo	.220	.030	.018	.013	.007
Flujo pluvial ramificado	.980	.104	.050	.040	.006
Solución del suelo a 8 cm de profundidad	.310	.000	.022	.126	.193

Fuente: McColl 1970.

Note: N = Nitrógeno. K = Potasio. Mg = Magnesio. P = Fosforo. Ca = Calcio.

^a Pp/m = partes por millón.

^b Meq/L = mili-equivalentes por litro.

Esta gran variación puede reflejar diferencias en la productividad de los bosques, pero hay ciertas inconsistencias en cuanto a la humedad del clima, grado de sequedad de las muestras al pesarlas y tamaño de ramitas pequeñas incluidas en las muestras. Los informes publicados de estos estudios no describen los métodos con suficiente detalle para permitir comparaciones directas.

La hojarasca, cualquiera que sea su tasa de acumulación, es de naturaleza crítica para el futuro de los bosques. Aunque las plantas extraen nutrimentos de las hojas antes de dejarlas caer (Tanner 1977), el residuo en la hojarasca constituye una fuente principal de nutrimentos para el ecosistema (Cuadro 3-13). Si bien los datos de este cuadro no son directamente comparables, nótese, por ejemplo, que la estación de sequía en Brasil, aunque dura menos de la mitad del año, puede producir más de la mitad de las hojas que caen anualmente. Relativamente altas cantidades de N y Ca se reciclan en todas las zonas.

Los árboles caídos constituyen otra fuente significativa de reciclaje de nutrimentos, aunque no hay tantos estudios al respecto. La mortalidad de los árboles en los bosques naturales provoca el reemplazo de árboles demasiado maduros, suprimidos o enfermos, por otros competidores más vigorosos. La mortalidad de los árboles ha sido estimada en aproximadamente el 1% anual para todos los tamaños de árboles (Leigh 1975). Un cuadro de crecimiento de la palma *Prestoea montana* muestra que menos de la mitad de los árboles de 2 m de altura alcanzan los 3 m; de estos, menos de un tercio alcanzan los 4 m; y de esos, sólo el 2% alcanzan los 12 m (Bannister 1970). Los árboles que mueren en pie comúnmente son descompuestos por insectos y hongos, y reciclados por las raíces de los árboles cercanos que penetran en la madera podrida antes de que el árbol caiga.

La hojarasca gruesa de 10 cm de diámetro o más, incluyendo a los árboles caídos, pueden ser tan importantes para el reciclaje como la hojarasca fina. En un bosque pluvial maduro de Nigeria, se determinó que

Cuadro 3-13.—Contenido de nutrimentos en la hojarasca de bosques de tres países tropicales (kg/ha)

Fuente	Nutrimentos				
	N	P	K	Ca	Mg
Bosque pluvial de Ghana	199	7	68	206	45
Bosque estacional del Brasil (época seca de 5 meses)	56	1	6	14	2
Mora, Trinidad	60	3	11	65	15

Fuente: Cornforth 1970a, Klinge 1977, Nye 1961.

Nota: N = Nitrógeno. K = Potasio. Mg = Magnesio. P = Fosforo. Ca = Calcio.

el peso de los árboles caídos era de 11,2 t/ha/año, 6% más que la hojarasca (Nye 1961). En comparación con el contenido de nutrimentos de la hojarasca (por unidad de peso), estos árboles contenían sólo 17% de N, 38% de P, 8% de K, 37% de Ca y 16% de Mg. Esto parece confirmar que el contenido de nutrimentos de la madera de los troncos es generalmente menor que el de las ramas, corteza y follaje.

Como ya se ha mencionado, el agua de lluvia, incluyendo el flujo pluvial directo y tangencial o ramificado, es vehículo para el transporte de nutrimentos. En Nigeria, se determinó que la lluvia transportaba 12,3 kg/ha/año de N, 3,7 kg de P, 220 kg de K, 29 kg de Ca y 18 kg de Mg (Nye 1961). En los bosques pluviales de Malasia, la lixiviación de K, Ca y Mg directamente del dosel era una fuente tan rica de nutrimentos como la hojarasca (Kenworthy 1971). Según Nye (1961), en los bosques pluviales de Ghana, la lluvia puede acarrear cantidades significativas de P y K desde el dosel (Cuadro 3-14).

La baja pérdida de ciertos nutrimentos del ecosistema en flujos de agua, en un bosque primario de Papúa-Nueva Guinea (Cuadro 3-15) ilustra la capacidad que el ecosistema tiene para conservar los nutrimentos (Turvey 1974). Si el ecosistema es estable, es probable que estas pérdidas sean compensadas en buena medida por la meteorización del sustrato.

La descomposición de la hojarasca en la región del Amazonas se atribuye en su mayor parte a los hongos (Fittkau y Klinge 1973), aunque los artrópodos quizás sean más significativos en otras partes (Madge 1965). Los termitas se encuentran en todas partes y son, sin

duda, un factor principal en la descomposición de hojarasca en los trópicos. Según Madge, las lombrices de tierra de los bosques pluviales de Nigeria son de poca importancia para la descomposición de hojarasca.

Anderson y Swift (1983) pusieron en duda la idea muy generalizada de que la hojarasca se descompone rápidamente en el trópico húmedo y que el principal capital de nutrimentos se encuentra en la fitomasa y no en los suelos, que tienen un bajo contenido de materia orgánica. Con base en la gran extensión de suelos podsólicos que contienen más del 60% del N y P en los horizontes profundos del humus (Klinge 1966), estos científicos afirman que las tasas de descomposición no son simplemente una función de la humedad y la temperatura, y que el equilibrio relativo entre nutrimentos y organismos que descomponen la materia orgánica puede variar significativamente de un lugar a otro, tanto en los trópicos como en la zona templada. Tres grupos de variables son responsables de estas variaciones (Swift *et al.* 1979): microorganismos, calidad de la hojarasca y ambiente físico-químico (Anderson y Swift 1983).

Bajo condiciones favorables para la descomposición, la hojarasca se acumula en los bosques húmedos de llanura después de los períodos estacionales de caída de hojas. En los bosques muy húmedos premontanos, Golley *et al.* (1975) encontraron que casi la mitad de la hojarasca que había en mayo, ya había desaparecido en noviembre y más del 80% había desaparecido en febrero. Las excepciones fueron los pantanos, donde la descomposición es parcialmente anaeróbica y más lenta que en otras partes, y los bosques de altura, donde las temperaturas bajas retardan el proceso. Bajo condiciones montanas tropicales, la capa superficial de humus puede llegar a constituir del 5 al 10% de la biomasa total (Young 1976).

En los bosques pluviales de Nigeria, la hojarasca se descompuso en 4 o 5 meses durante la estación de lluvias, pero fue mucho más lenta durante la estación de sequía (Madge 1965). En el antiguo Zaire Laudelot y Meyer (1954) demostraron que la hojarasca tardó de 2 o 3 años para descomponerse en bosques de miombo y en otras zonas secas.

Durante una estación seca de cinco meses cerca de Manaus, Brasil, los porcentajes de mineralización fueron: 63% para N, 85% para P, 79% para K, 33% para Ca y 35% para Mg (Klinge 1977). Se descubrió que Ca,

Cuadro 3-14.—Reciclaje de nutrimentos en un bosque pluvial de Ghana (kg/ha/año)					
Proceso	Retorno				
	N	P	K	Ca	Mg
Hojarasca	159	5.8	54	164	36
Árbol caído	29	2.3	5	65	6
Acarreo pluvial	10	2.9	175	23	14
Total	198	11.0	234	252	56
Fuente: Nye 1961.					
Nota: N = Nitrógeno. K = Potasio. Mg = Magnesio.					
Ca = Calcio. P = Fósforo.					

Cuadro 3–15.—Pérdidas de nutrimentos en un ecosistema de bosque primario de Papúa-Nueva Guinea (kg/ha)

Contenido	Nutrimento				
	K	Ca	Mg	Na	Si
Total en el ecosistema	7,166.0	237.0	6,233.0	6,981.0	14,684.0
Flujo anual					
Precipitación recibida	0.8	0.0	0.3	8.4	0.0
Pérdida por escorrentía	14.9	24.8	51.0	66.0	288.1
Pérdida neta	14.1	24.8	50.7	57.6	288.1

Fuente: Turvey 1974.

Nota: K = Potasio. Mg = Magnesio. Si = Silicio. Ca = Calcio. Na = Sodio.

Fe, Mn y Cu tienden a acumularse en la hojarasca vieja, lo que sugiere que estas sustancias se absorben más despacio que los demás nutrimentos (Stark 1971).

Se cree que las micorrizas (estructuras compuestas de hongos del suelo no patógenos que viven en las raíces de los árboles), están presentes en la mayoría de los árboles tropicales y que forman raicillas capaces de aumentar la absorción y transferencia de nutrimentos del suelo a las raíces (Bakshi 1968). Estos hongos utilizan carbohidratos y probablemente otras sustancias que promueven el crecimiento de las células de las raíces. Esta asociación con micorrizas puede aumentar la superficie efectiva del sistema de absorción de nutrimentos, la resistencia a las enfermedades y sequías y la absorción de agua y nutrimentos. Las plantas con micorrizas son las más apropiadas para la explotación de suelos oxisoles y ultisoles, donde el P se encuentra casi totalmente inmovilizado. Estos tipos de suelos son extensos en los trópicos (Menge 1981).

La forma más común de micorrizas en los bosques tropicales es endotrófica (crece principalmente dentro de las células de las raíces corticales con sólo unas pocas raicillas fuera de la raíz). Las micorrizas ectotróficas son más visibles y forman una funda (o manto) alrededor de las raíces secundarias, creando una red entre las células corticales y el suelo adyacente (Mikola 1969). Se han encontrado micorrizas ectotróficas en las siguientes familias: Caesalpinaceae, Dipterocarpaceae y Pinaceae y en *Eucalyptus* spp. Muchos hongos micorrizas no son específicos de especies en particular.

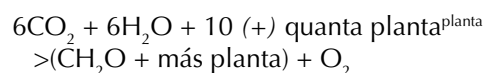
Las micorrizas son especialmente comunes en raíces superficiales y en suelos pobres. Se cree que la mayoría de los árboles de los bosques primarios de suelos pobres

arenosos en la Amazonia tienen micorrizas (Stark 1971, Went y Stark 1968). Según Stark (1969), cuando los lagos que una vez cubrieron gran parte de la Amazonia se secaron, se desarrollaron bosques desprovistos de raíces micorríticas; pero a medida que los suelos se empobrecían por la lixiviación, las especies micorríticas avanzaron hasta ocupar toda la zona.

En resumen, parece que el ciclo de nutrimentos constituye el alma misma de los bosques tropicales. El suministro de nutrimentos en los bosques establecidos proviene más que todo del reciclaje, y no de la precipitación atmosférica o de la meteorización de estratos subterráneos. Por consiguiente, los bosques primarios en su mayoría son autogenerados y requieren los nutrimentos residuales que provienen de la mortalidad de organismos para su crecimiento y renovación. Cualquier interrupción significativa en el proceso de reciclaje de nutrimentos en los bosques tropicales primarios tendría como consecuencia su deterioro. Para evitar daños a la productividad, se deben supervisar los niveles de los nutrimentos producidos, y volver a aprovisionarlos si se encuentran deficiencias.

Crecimiento de los árboles

Los árboles crecen mediante la fotosíntesis, en su mayor parte efectuada por las hojas. Químicamente, el proceso se expresa del siguiente modo (Bonner 1962):



De las dos sendas conocidas de la fotosíntesis, los árboles tropicales generalmente usan la llamada C_3 . Este tipo de fotosíntesis es eficiente a bajos niveles de luz, pero requiere una transpiración de casi el doble de la

cantidad del agua que el tipo C_4 , y aún una deficiencia leve de humedad provoca serias limitaciones en el proceso (Longman y Jenik 1974). Otra limitación es su foto-respiración, la cual es mayor a la luz que en la oscuridad (Chartier *et al.* 1973). La respiración también aumenta con la temperatura y, a altas temperaturas, (particularmente de noche) puede consumir gran parte del producto fotosintetizado.

Las plantas vivientes respiran aunque no haya suficiente luz para la fotosíntesis. En la oscuridad, por lo tanto, consumen oxígeno (O_2) y producen dióxido de carbono (CO_2), mientras que a la luz, con la fotosíntesis sustituyendo a la respiración, ocurre lo contrario. La protección contra el viento quizás impida la fotosíntesis por falta de circulación del CO_2 .

Evidencias de la zona templada demuestran que las hojas a la sombra fotosintetizan más rápidamente que las hojas a pleno sol (Helms 1976). Por otra parte, el follaje más viejo y a la sombra puede estar por debajo del punto de compensación de luz la mayor parte del tiempo y, donde las tasas de respiración son altas, pueden consumir las reservas de carbohidratos del árbol.

La asimilación, acompañada por la respiración, consiste en el almacenamiento de la energía fotosintetizada en combinaciones moleculares complejas en raíces, madera, corteza, hojas, flores y frutos. La tasa de asimilación aparente es el consumo neto de CO_2 . La tasa de asimilación neta es el aumento de materia seca por unidad de área foliar. Con áreas foliares equivalentes, la asimilación es mucho menor en un sitio pobre que en uno de buena calidad (Assman 1970).

El crecimiento en peso seco, por lo tanto, requiere una actividad fotosintética que excede la carga respiratoria de la planta entera. Sólo una pequeña parte de la energía almacenada por la fotosíntesis está dedicada a beneficiar el crecimiento del árbol. La carga respiratoria puede llegar a ser tan grande, que aún una planta cuya fotosíntesis es eficaz, quizás no llegue a crecer (Harper 1977). El equilibrio entre la fotosíntesis y la respiración es una de las características principales de los bosques primarios estables. A medida que se logra la estabilidad, la energía se dedica cada vez más al mantenimiento (Odum 1969). Además, a medida que el bosque madura, la producción bruta decrece en función de la biomasa en pie, mientras que la producción bruta y la respiración se aproximan, de modo que la producción neta también es baja (Odum 1969). Por consiguiente,

los cambios en los bosques maduros son principalmente cualitativos, en vez de cuantitativos. Por ejemplo, en un antiguo bosque montano de Puerto Rico, las necesidades de mantenimiento de hojas y raíces y la respiración del suelo absorben casi toda la producción fotosintética disponible (Odum 1969). Catinot (1974) informa que de las 43 t/ha/año de materia seca sintetizada examinada en Costa de Marfil, el 95% fue consumido por respiración, y sólo el 5% en el crecimiento.

La asimilación depende de los nutrimentos que la planta absorbe. Los elementos principales que determinan la geoquímica del ciclo biológico de los componentes de cenizas y del N son el silicio (Si), N, y Ca; el segundo grupo es K, Mg, Fe y aluminio (Al), y el tercer grupo consiste de Mn y S (Bazilevich y Rodin 1966).

La asimilación está acompañada por la transpiración de grandes volúmenes de agua. La producción de un gramo de sustancia seca orgánica, quizás requiere la transpiración de 200 a 1000 gramos de agua, dependiendo de las condiciones de la zona (Assman 1970). La asimilación aumenta con la intensidad de la luz; en horas tempranas de la mañana puede ser 20 veces más efectiva por gramo de agua transpirado, de lo que sería más tarde en el día. Durante el clima normal en los trópicos, la tasa de asimilación varía durante el día, la tasa más alta ocurre antes del mediodía. Las tasas de asimilación normalmente se reducen durante el mediodía, aparentemente debido al aumento en la respiración o a la falta de agua.

La fuerza que genera la transpiración es la gradiente de la presión de vapor de la hoja al aire, cuando los estomas están abiertos (Whittaker y Woodwell 1971). El poder de evaporación del aire está determinado por el déficit de saturación y la tasa de movimiento (Schulz 1960). La disminución del agua en la hoja, provocada por pérdidas debidas a la evaporación, es el ímpetu que mueve al agua a través del xilema y de todas las membranas. La evaporación de agua a través de los estomas saca agua y nutrimentos desde las raíces, gracias a la cohesión de las moléculas del agua en las delgadas vesículas del xilema (Leigh 1975). Un estudio determinó que la transpiración de 20 distintas especies de árboles en la región venezolana del Amazonas variaba de 2,7 a 1180 l/d (Jordan y Kline 1977). La evapotranspiración (precipitación menos escurrimiento e infiltración) mide la disponibilidad simultánea de agua y energía solar, los recursos más importantes que limitan la fotosíntesis. Por consiguiente, la evapotranspiración se

usa como un índice altamente significativo para pronosticar la productividad neta anual de comunidades de plantas terrestres maduras (Rosenzweig 1968). La evapotranspiración en bosques pluviales de llanura varía entre 120 y 190 cm/año (Leigh 1975); aproximadamente lo mismo que en superficies abiertas cubiertas de agua (Kenworthy 1971).

La tasa potencial de transpiración en una vegetación densa que cubre el suelo completamente, de altura uniforme y sin carencias de agua es determinada por la radiación y el movimiento del aire, y no por las especies o la densidad del bosque (Harper 1977). Un dosel irregular, particularmente en zonas áridas, genera turbulencias que podrían aumentar la tasa de transpiración.

La luz es esencial para la eficacia de la asimilación. Entre el 15 y 25% de la radiación total se pierde por reflexión y transmisión (Rosenberg 1974). De la restante, sólo un 40% aproximadamente se encuentra en el espectro visible, útil para la fotosíntesis, entre 4000 y 7000 nm (angstrom). De la luz solar utilizable, independientemente de la intensidad, los cloroplastos de las hojas absorben entre 60 y 80% (Bonner 1962). Sin embargo, la saturación de una hoja típica ocurre en incidencias de 0,1 a 0,2 de la luz solar plena.

Gran parte de esta energía se usa para evaporar agua (Chartier *et al.* 1973). La eficiencia básica de la fotosíntesis se da cuando la planta almacena 105 kcal por cada 520 kcal absorbidas; o sea, el 20% (Bonner 1962). Por consiguiente, una hoja que absorbe el 80% de la luz plena, pero sólo puede usar el 20% con una eficiencia de procesamiento del 20%, opera con una eficacia promedio del 5%. Bajo condiciones favorables y con buen manejo, los cultivos forestales prosperan con no más del 2% de la energía lumínica (Bonner 1962). Tal nivel de eficiencia no se encuentra generalmente en la naturaleza, aunque en la zona templada, durante breves períodos en la estación de crecimiento, se han alcanzado eficiencias del 5%. Los principales factores limitantes son las deficiencias en nutrimentos y en agua. Bajo condiciones de alta luminosidad, las deficiencias en CO₂ pueden restringir la fotosíntesis hasta en un 50% (la eficiencia máxima es de casi el 10% de la luz plena) (Bonner 1962). La fotosíntesis también depende de la porción de la copa que recibe suficiente luz solar. El crecimiento general del árbol quizás alcance su punto máximo a plena luz solar, aún cuando la fotosíntesis en hojas individuales alcance su punto máximo antes

(Schulz 1960). Las hojas de los estratos inferiores tienden a tener más clorofila que las del dosel (Horn 1971). El crecimiento alcanzado a los cuatro años por una mezcla de dipterocarpáceas en bosques naturales de Sarawak demuestra lo significativa que es la luz (Cuadro 3-16).

Al pasar a través del dosel de un bosque, particularmente cuando las hojas se mueven, la luz solar se fragmenta antes de llegar al piso. En algunos bosques pluviales y perennes estacionales, esa luz fragmentada constituye entre el 50 y 70% de la luz total que llega al suelo (Baur 1964a), lo que podría aumentar la intensidad de luz en varios cientos de veces el promedio de la densidad de sombra (Schulz 1960). Además, a pesar de su débil intensidad, este tipo de luz es de gran importancia para la vegetación de los estratos inferiores (Evans 1966, citado por Longman y Jenik 1974).

Los árboles del bosque difieren en cuanto a su nivel de tolerancia, la capacidad de sobrevivir y crecer en condiciones de baja intensidad de luz. Muchos árboles del dosel que viven completamente expuestos en la madurez, en un principio aguantaron años de sombra intensa, hasta que ocurrieron aperturas adecuadas para estimular su crecimiento. Sin embargo, la tolerancia involucra más que la sombra; los árboles suprimidos en todos los bosques, menos en los más húmedos, deben también soportar un serio estrés por falta de agua, provocado por los árboles grandes cercanos durante la época de sequía. Las semillas de especies poco tolerantes, por el contrario, probablemente no llegan a germinar, y si lo hacen, las plántulas quizás no sobrevivan a la sombra en el piso forestal.

La distribución de asimilados dentro de las plantas no ha sido bien estudiada. Tres cuartos del producto fotosintetizado se utiliza en la respiración, según se ha visto en un bosque pluvial de Tailandia (Cuadro 3-17). Del resto, casi el 85% se pierde con la hojarasca y la mortalidad, dejando sólo una pequeña porción para el crecimiento de la biomasa. Esto ilustra la poca cantidad de asimilados que en realidad se usan para la producción de madera. El costo es alto, pero supuestamente, una producción tal es sostenible.

La distribución de asimilados en los árboles varía con estímulos como el aumento de la luz o del espacio de crecimiento. Generalmente, la distribución se da en el siguiente orden: raíces, ramas terminales y diámetro del tronco (Assman 1970). Los anillos de crecimiento —un

Cuadro 3–16.—Efecto de la luz sobre el crecimiento anual promedio del diámetro a la altura del pecho a los cuatro años de especies dipterocarpáceas en Sarawak (cm/año)

Clase diamétrica	Iluminación		
	Luz plena y directa	Alguna luz directa	Luz lateral solamente
10–14	0.72	0.44	0.26
30–34	.78	.56	.51
50–54	.95	.53	— ^a

Fuente: Bryan 1981.
^aCifras no disponibles.

índice confiable de las tasas de crecimiento del tronco en la zona templada— no son confiables para la mayoría de las especies tropicales. La mayor parte de los árboles tropicales no producen anillos claramente discernibles, o son de periodicidad desconocida. Los anillos de crecimiento pueden surgir debido a cualquiera de las siguientes características anatómicas (Chowdhury 1962):

- Madera con anillos porosos o semi-porosos (sólo el 1% de los árboles tropicales)
- Menor predominancia de vasos en la madera joven que en la madura.
- Fibras de paredes gruesas y aplastadas radialmente en la madera madura, en contraste con fibras de paredes delgadas y aplastadas tangencialmente en la madera joven.
- Células de parénquima iniciales (encontradas en muchas familias).
- Células de parénquima terminales (encontradas sólo en una familia).

Un estudio de 60 árboles de la región del Amazonas reveló que 26 no tenían anillos; otros 22 tenían anillos claramente definidos, pero no se sabe si son anuales (Alvim 1964). Los anillos se pueden encontrar en árboles caducifolios así como en perennes; no parece haber correlación entre árboles caducifolios y la claridad de los anillos de crecimiento (Chowdhury 1940).

El crecimiento en altura de los árboles tropicales comienza con fuerza, pero disminuye cuando los árboles alcanzan un tercio o la mitad del diámetro

máximo de su tronco (Dawkins 1963b). En la zona templada, esto ocurre con las especies demandantes de luz (Assman 1970). Con una luz solar adecuada, especies oportunistas, como *Cecropia*, pueden crecer 10 m de altura en dos años (Schulz 1960).

En los bosques primarios, los árboles más altos pueden ser los más vigorosos, o bien podrían haber comenzado a declinar en crecimiento diamétrico, aunque no necesariamente en área basal. Los árboles de estratos intermedios podrían todavía mostrar un crecimiento acelerado, y no alcanzar su vigor pleno antes de llegar a una edad y tamaño mayor.

El crecimiento rápido del diámetro, registrado por ciertos árboles individuales, ha sugerido la posibilidad de aumentar la producción del bosque tropical mediante tratamientos silviculturales. Un análisis de las tasas de crecimiento diamétrico de una mezcla de especies forestales del bosque pluvial de la India demuestra que del total de árboles de 10 cm dap, algunos habían alcanzado 19,5 cm en 10 años (Mathauda 1953). En los bosques pluviales de Nigeria, se estimó que los árboles emergentes de crecimiento rápido que habían alcanzado un dap de 101 cm tenían sólo 35 años de edad (Jones 1956). Se ha comprobado que varias especies dominantes del África occidental, tales como *Aucoumea*, *Chlorophora*, *Nauclea*, *Terminalia* y *Triplochiton* crecen de 1 a 2 cm de diámetro anualmente durante 80 años o más (Catinot 1974). En el antiguo Zaire, un registro de siete años demostró que el diámetro de *Macaranga*, *Musanga* y *Ricinodendron* aumenta más de 2 cm por año (Hombert 1958). Excepcionalmente, árboles expuestos en los bosques húmedos subtropicales de Puerto Rico pueden crecer a una tasa de 2,5 cm/año de diámetro (Wadsworth 1958).

Cuadro 3-17.—Distribución de la energía en un bosque de Tailandia

Parámetro	Fitomasa (t/ha/año)	Distribución de energía (%)				
		Raíces	Tronco	Ramas	Hojas	Total
Producción bruta	123.2	6.0	16.5	31.8	68.9	100.0
Respiración	-94.6	-4.5	-10.6	-15.4	-46.3	-76.8
Producción neta	28.6	.3	2.8	10.4	9.7	23.2
Hojarasca	-23.2	— ^a	— ^a	-9.2	-9.6	-18.8
Mortalidad	-1.2	-.1	-.7	-.2	— ^b	-1.0
Crecimiento neto	4.2	.2	2.1	1.0	1.0	3.4

Fuente: Kira and Shidei 1967.

^aInaplicable.^bIndicios.

Sin embargo, el promedio de crecimiento diamétrico de los árboles en bosques primarios es mucho menor que estos extremos. En bosques pluviales de la India, las tasas de crecimiento son de sólo 0,3 cm/año aproximadamente (Mathauda 1953). En los bosques pluviales de Nigeria, árboles del estrato superior de *Khaya grandifoliola*, *Pycnanthus angolensis* y *T. scleroxylon* presentaron tasas de crecimiento de 0,7 cm/año, lo que sugiere que se necesitarían 80 años para alcanzar un dap de 60 cm (MacGregor 1934, Webb 1964); para *Azelaia africana* se necesitarían más de 100 años. Para árboles de 100 cm dap, el ciclo de vida indicado es de 135 años, basado en una tasa de crecimiento promedio (Jones 1956).

En los bosques húmedos primarios subtropicales de Puerto Rico, donde se midieron árboles emergentes y del sotobosque, se estimó en 80 años la edad de un árbol de crecimiento medio con dap de 10 cm, y en 260 años otro con dap de 50 cm (Wadsworth 1958). Un resumen del crecimiento en dap durante 25 años de más de 500 árboles en un bosque húmedo secundario subtropical de Puerto Rico arrojó un promedio de 0,12 cm/año y extremos de 0,04 y 0,58 (Weaver 1979b). Aún los árboles dominantes y codominantes crecían sólo 0,4 cm/año aproximadamente. En bosques montanos pluviales cercanos, pero a menor altitud, se calculó que los árboles necesitarían 400 y 1200 años para alcanzar un dap de 10 cm y 50 cm, respectivamente, y probablemente estos datos están sobrestimados, pues los competidores sobrevivientes crecen más rápido que el promedio.

Jordan (1971b) sugiere que el crecimiento de los árboles de los bosques primarios tropicales es más lento que en la zona templada, debido a que hay una menor presión evolutiva para maximizar la eficiencia de la producción de madera en sitios donde la energía solar es abundante. Catinot (1974) indica que tales comparaciones no son justas, pues generalmente se basan en bosques manejados de la zona templada y bosques tropicales no manejados.

Todas estas generalidades sobre el crecimiento diamétrico, aún entre especies, arrojan luz pero a la vez nuevas incógnitas. La variación en el crecimiento del dap en cualquier parcela, especie o clase de tamaño es tan amplia que es difícil de interpretar. Un registro del crecimiento diamétrico de 43 árboles de *Dacryodes excelsa* durante 24 años y de casi el mismo dap inicial (10-20 cm), mostró una diferencia de diez veces entre el crecimiento más lento y el más rápido (Wadsworth *et al.* 1989). Árboles de *Ceratopetalum* en una misma parcela y de una misma clase diamétrica variaron de 1 a 6 mm/año (Baur 1964a). *Manilkara*, generalmente considerada una especie de crecimiento lento en Puerto Rico, es capaz de crecer más rápidamente que *Cecropia*, una especie pionera de crecimiento rápido, cuando ambas especies se encuentran en un bosque cerrado.

Los bosques primarios, por definición, son producto de influencias naturales (en oposición a influencias humanas) que favorecen al ecosistema en general, en vez de a organismos individuales. Un resultado es que la densidad del bosque alcanza un nivel tal que genera

una competencia intensa entre árboles individuales, ninguno de los cuales crece sin restricciones. Cuando el área basal del bosque excede los 32 m²/ha (común en bosques primarios), el crecimiento de los árboles individuales es lento (Dawkins 1959, citado por Ovington 1972). El crecimiento medio generalmente deriva de una mezcla de árboles que crecen en distintos microambientes, bajo distintos grados de supresión, de distintos tamaños y posiblemente de distintas edades y que han tenido que competir de distinta forma. Además, el crecimiento de algunos de estos árboles podría reflejar efectos de causas que con el paso del tiempo ya no se pueden determinar. Así, no es de extrañar que cada árbol individual en la naturaleza presente niveles de crecimiento muy variables y generalmente muy por debajo del crecimiento potencial.

La importancia relativa de las restricciones sobre el crecimiento es difícil de evaluar. Entre todas las posibles restricciones, es difícil establecer cuales tienen que ver con la competencia, pues sus efectos pueden persistir durante décadas, aún después de que las evidencias visibles de las causas hayan desaparecido. Un árbol puede también influir en sus vecinos de muchas maneras, aparte de la competencia directa por la luz, humedad o nutrientes, ya que puede producir y liberar inhibidores químicos (alelopatía); puede albergar pestes, acarrear patógenos, o atraer pájaros o mamíferos que dañan a los árboles vecinos.

Una de las restricciones más evidentes al crecimiento de los árboles en bosques pluviales es la sombra. Los árboles que forman el dosel absorben entre 80 y 90% del total de la energía solar (Dawkins 1961b). Las tasas máximas de asimilación y el punto de compensación entre asimilación y respiración son mayores en las hojas expuestas al sol que en las que están a la sombra; no obstante, estas últimas responden mejor a la iluminación débil que las hojas a pleno sol, aunque no llegan a compensar el déficit (Chartier *et al.* 1973). El potencial productivo de toda copa más alta que la de los árboles cercanos es mucho mayor (Assman 1970).

Los ángulos de las hojas muestran la restricción que la iluminación causa en el bienestar de los árboles tropicales. En las copas de los árboles emergentes, los ángulos de las hojas son más verticales que en las hojas del dosel principal más abajo (Williams *et al.* 1972), pues la saturación de luz ocurre a bajas intensidades. Las hojas expuestas perpendicularmente a los rayos del sol pueden usar la radiación de forma incompleta. Para

interceptar la luz en un punto algo menor que el de saturación, las hojas son más eficientes si presentan cierto ángulo.

Es difícil comparar el crecimiento diamétrico de árboles tropicales por la falta de sincronía, aún entre árboles vecinos de la misma especie (Harper 1977). El momento en que comienza el crecimiento diamétrico y brotan las hojas puede variar sin correlación aparente con factores externos (Chowdhury 1940, Longman y Jenik 1974). El 80% de los árboles en un estudio de los bosques de llanura de Malasia presentaron crecimiento intermitente, y casi todos eran perennes (Alvim 1964); sólo el 20% eran perennes de crecimiento continuo. Aún entre las especies de crecimiento continuo, las tasas de crecimiento varían durante el año. Un estudio de 21 especies cerca de Belem, Brasil, demostró que el crecimiento de 17 era claramente periódico (Moraes 1970). En los bosques pluviales de llanura en Nigeria, las principales cinco especies maderables crecían sólo durante ciertas estaciones (Amobi 1973); en tanto que en los bosques muy húmedos de Puerto Rico se encontró que algunas especies presentaban un crecimiento diamétrico más estacional que otras (Murphy 1970).

Un estudio indicó que las células del cambium de los árboles caducifolios no se dividen durante el período de defoliación, sino cuando las nuevas hojas empiezan a brotar. Un estudio de seis especies de árboles forestales a los 30° de latitud N en la India (Chowdhury 1939) arrojó los siguientes resultados:

- El diámetro del tronco seguía creciendo después del desarrollo foliar durante 2 o 3 meses más.
- Árboles de una misma especie diferían entre 1 y 3 semanas el momento de comenzar a crecer, sin correlación aparente con el aspecto ni el espaciamiento.
- Algunas especies tenían dos períodos de crecimiento.
- No se encontró una correlación directa entre temperatura, precipitación o humedad y el comienzo o cese del crecimiento. Se sugirieron diferencias hereditarias.

En un clima estacional de la región occidental de Costa Rica, 12 de 25 especies de árboles de tierras altas mostraron todo su crecimiento diamétrico durante la estación lluviosa (Daubenmire 1972).

La conducta del crecimiento también varía con el período de vida en que se encuentra el árbol. Algunos árboles presentan un crecimiento acelerado hasta alcanzar el dosel y expandir sus copas; cuando alcanzan alrededor de 60 cm dap, la tasa de crecimiento puede declinar (Jones 1956, Keay 1961, Schulz 1960). Sin embargo, en Nigeria, algunos de los árboles grandes del bosque pluvial son capaces de aumentar el crecimiento de su área basal continuamente hasta edades tan avanzadas como los 140 años (Webb 1964). Se ha sugerido un crecimiento diamétrico rápido entre los 30 y 60 cm dap para explicar la escasez de árboles de tamaños medianos en los bosques primarios africanos (Baur 1964a). Algunos estudios, al relacionar la tasa de crecimiento diamétrico con el tamaño, tienden a confundir con la posición de la copa en el dosel (dominancia). Este error dio lugar a que se midiera el crecimiento de los árboles con base en el área basal y no en el diámetro (Banks 1962, Schulz 1960).

Estas investigaciones sobre crecimiento diamétrico son buenos indicadores del trabajo realizado, pero se debe reconocer que el uso del crecimiento diamétrico medio ha sido muy sesgado, ya que supone que, o todos los árboles son del mismo diámetro, o los diámetros aumentan en proporción con el tamaño. Ninguna de estas dos afirmaciones es verdadera. El crecimiento diamétrico generalmente es mucho menor en los árboles grandes que en los más pequeños; sin embargo, el crecimiento en el volumen de madera de los árboles más grandes es quizás mayor. Este sesgo puede eliminarse en buena medida si se usa el crecimiento del área basal, y más aún si se usa como porcentaje que refleja aproximadamente el crecimiento de un árbol en relación con sus raíces y el espacio ocupado por la copa (como lo indica el área basal del tronco). Sin embargo, aún existe la idea de que esta medida favorece a los árboles más pequeños en vez de los más grandes (Baur 1964a).

Otras variaciones en el crecimiento de árboles individuales provienen de las diferencias entre especies en la clase máxima de tamaño o edad. Los árboles demandantes de luz al comienzo son de crecimiento rápido, particularmente en los tamaños intermedios (dap de 25 a 60 cm) (Baur 1964a). Pero muchos son de vida corta, así que los especímenes más grandes quizás no estén creciendo a pesar de la posición de sus copas.

Acontecimientos en el pasado pueden afectar el tamaño relativo de dos árboles vecinos, pero también puede que sean distintos en cuanto a su constitución genética.

Assman (1970), con base en la zona templada principalmente, atribuye gran parte de la variabilidad del crecimiento de los árboles a características genéticas fijas; así, concluye que existe un vínculo entre la supervivencia y el vigor. Ashton (1969), por otro lado, ve evidencias de selectividad, que provoca una uniformidad genética intraespecífica aguda en bosques de dipterocarpáceas, lo que es paradójico en vista de las numerosas especies que componen estos bosques.

Sin embargo, muchas diferencias genéticas (genotipos) explican el carácter de los distintos árboles del bosque: cada árbol es también un fenotipo resultante de acontecimientos pasados cuyos efectos podrían ser visibles de manera indefinida. Una ventaja inicial en el crecimiento puede producir un árbol aparentemente superior a sus vecinos durante toda su vida. El resultado final quizás sea que los árboles que crecen más rápido que sus vecinos, lo hacen en parte porque sus vecinos no crecen tan rápido. Desde el punto de vista silvicultural, esto probablemente significa que si se eliminan los árboles de crecimiento lento se pueden obtener productos, pero no necesariamente un efecto en estimular el crecimiento de árboles que ya crecen de forma rápida.

Las copas grandes de los árboles provocan un crecimiento rápido en el diámetro del tronco; pero, los árboles con copas pequeñas son más eficientes, en términos del crecimiento por unidad de superficie, volumen de copa y superficie abarcada (Assman 1970). Los cultivos de legumbres se comportan de forma simple: las plantas con copas altas y estrechas son más productivas por unidad de espacio ocupado que las plantas con copas cortas y anchas (Jahnke y Lawrence 1965).

Baur (1964b) se refiere a otra variable que influye en crecimiento de los árboles, las especies oportunistas que aprovechan los claros en el bosque; entre las que se incluyen especies de familias tan importantes como las Meliaceae (*Swietenia*) y las Dipterocarpaceae. Estas especies comienzan en el piso forestal, donde sobreviven durante años en lo que parece ser un estado de latencia virtual, listas para crecer si las condiciones de luz mejoran.

La tolerancia relativa explica otras diferencias en la tasa de crecimiento. Schulz (1960) describe las especies típicas del dosel del bosque primario como relativamente tolerantes a la sombra. Estas especies

difieren de las intolerantes sólo en que para germinar no necesitan luz (y quizás necesiten oscuridad), y porque crecen más despacio en las etapas de plántula y brinjal que las especies exigentes de luz. Sin embargo, en una etapa más avanzada, la necesidad de obtener más luz se convierte en un factor esencial para la mayoría (quizás para casi todas) las especies del estrato mediano y superior. Durante estas etapas, los requisitos de luz varían enormemente, pero el crecimiento de los árboles de todas las especies, en toda clase de edad se estimula con una mayor iluminación (Schulz 1960).

Con tantas causas de variación en el crecimiento, es poco realista tratar de establecer una relación entre tamaño del árbol y edad, aparte de la mera generalización de que los árboles más grandes del dosel muy probablemente son de mayor edad. Sin embargo, no hay un corolario porque no siempre los árboles pequeños son jóvenes; de hecho, pueden ser tan viejos como los árboles principales que ocupan el dosel.

La masa orgánica entera que produce la actividad fotosintética de las hojas verdes de una comunidad de plantas, incluso la porción inmediatamente respirada, se llama producción primaria bruta (Walters 1973). La producción primaria bruta menos la respiración se llama producción primaria neta (Cuadro 3-17). Ambas se expresan en términos de materia orgánica secada al horno, en gramos por metro cuadrado o kilogramos por hectárea (Whittaker 1970).

Según Poore (1964), no hay evidencias de que la flora y la fauna de los ecosistemas primarios utilicen todos los recursos del hábitat. Una mayor utilización parece posible si se emplearan ciertas plantas y animales que no se hallan disponibles de manera natural y si se concentraran esfuerzos en la producción de árboles jóvenes de crecimiento rápido. Sin embargo, esta quizás no sea una práctica sostenible.

Ovington (1972) describe el desarrollo de un bosque estable en términos de la productividad. A medida que los bosques alcanzan una edad madura, la producción primaria neta disminuye debido a que la construcción de tejidos no fotosintéticos requiere mayor respiración, y debido a la mayor altura sobre el nivel del suelo, la fuente del agua y nutrientes minerales necesarios para el crecimiento de las plantas. Agrega, además, que en bosques maduros clímax hay un equilibrio entre producción primaria neta y pérdida de materia orgánica, y que la energía capturada mediante la fotosíntesis se

disipa por la respiración. A medida que se desarrolla el bosque clímax, el crecimiento del área basal se torna más lento; aunque algunos árboles favorecidos continúan creciendo, la mortalidad compensa el incremento logrado.

Si se considera que las tasas de respiración son similares a las tasas de productividad primaria bruta en los bosques primarios, lo que deja poco para la producción neta, el “incremento” de tales bosques equivale aproximadamente a la mortalidad y la hojarasca.

Reproducción

En los ecosistemas de bosques tropicales primarios, los árboles no son reemplazados frecuente ni rápidamente; la mayoría de los árboles pueden sobrevivir durante décadas o siglos. No obstante, y a pesar de la cantidad de adversidades que enfrentan las semillas y los árboles jóvenes, la mayoría de los bosques tropicales contienen al menos una masa poco densa de árboles por debajo del tamaño de madurez. Un estudio en un bosque estacional de Venezuela demostró que uno de cada diez cuadrados de 1 m² tenía un promedio de 7 árboles de menos de 2 m de altura (Rollet 1969).

La frecuencia de los años de gran florecimiento y producción de semillas varía enormemente. Entre las dipterocarpaceas, los buenos años de producción de semillas ocurren a intervalos de 1 a 9 años (Cockburn 1975), pero no abarcan más de la mitad de los árboles; en otros años, sólo un cuarto de los árboles produce frutos (Medway 1972). En la India, algunas semillas de la mayoría de las especies se hallan disponibles en algún lado todos los años, pero no en todas partes; los años de producción de semillas son variables en cuanto a periodicidad y extensión (Griffith 1941a). Las especies del estrato superior fructifican menos frecuentemente que las especies de los estratos inferiores. En el norte de Surinam, la mayoría de las especies del dosel producen frutos cada dos años, incluyendo todas las especies de la familia Vochysiaceae y muchas de las familias Burseraceae, Lecythidaceae y Leguminosae (Schulz 1960). Los intervalos largos entre un período y otro de fructificación podrían influir en la reducción de poblaciones de insectos depredadores a un nivel tal que permita que cierta cantidad de semillas tengan posibilidades de germinar (Janzen 1975). Sin embargo, Harper (1977) indica que no todos los depredadores son especialistas, por lo que pueden trasladarse de una especie a otra.

En la zona templada, los años de gran producción de semilla muestran, a la vez, anillos de crecimiento más delgados, lo que sugiere que una producción abundante de semillas retarda el crecimiento (Assman 1970, Harper 1977). No se han registrado observaciones similares para los trópicos.

Las plantas tropicales se pueden ubicar en cualquiera de las siguientes clases de florecimiento (Koriba 1958):

- Florecimiento perenne
- No estacional, variación de planta en planta y aún de rama en rama
- Estacional, relacionada con la época seca o el largo del día (algunos árboles de florecimiento perenne o no estacional en el trópico ecuatorial son estacionales fuera de él)
- Gregario, florecimiento irregular en masa (algunas dipterocarpaceas)

La mayoría de estas clases se han encontrado en bosques cerca de Manaus, Brasil (Araujo 1970). Un estudio durante cuatro años de 36 especies de árboles productores de madera y látex demostró que el florecimiento ocurre a mitad de la estación seca (junio a noviembre). El florecimiento puede darse una, dos o varias veces al año. Algunas especies florecen irregularmente y no dependen de la estación.

En los bosques húmedos de Costa Rica, el florecimiento de 42 especies culmina en la época seca (Daubenmire 1972). El florecimiento periódico de árboles del estrato superior es mayor en los primeros dos meses de la estación de sequía (Frankie *et al.* 1974b), en tanto que entre especies menos estacionales culmina en mayo y disminuye gradualmente hasta noviembre. En bosques más secos, donde la lluvia normalmente falta de diciembre a abril, casi dos tercios de la polinización se da en la estación de sequía (Daubenmire 1972). En otros bosques secos de Costa Rica, el florecimiento culmina en julio (107 de 113 especies) y decrece paulatinamente hasta terminar en noviembre (Frankie *et al.* 1974b).

En los bosques de llanura de Costa Rica, de un cuarto a la mitad de todas las especies de árboles tienen flores unisexuales, aunque la mayoría son dioicas; esto es, con flores machos y hembras separadas en distintos árboles

(Bawa y Opler 1975). En un bosque semicaducifolio de Costa Rica, se descubrió que el 22% de 130 especies evaluadas eran dioicas, 10% monoicas, 14% autocompatibles y 54% autoincompatibles (Bawa 1974).

En Malasia, el 26% de 722 especies de árboles con dap de 10 cm o más son dioicos y se encuentran en el estrato inferior, principalmente (Ashton 1969). Entre las especies dipterocarpaceas, es común la autopolinización, aunque la hibridación con especies no relacionadas ocurre en grupos. Se cree que las condiciones de los bosques primarios son tales que la selectividad va en contra de la hibridación y la variación intraespecífica (Ashton 1969, Fontaine 1976). Ya que la supervivencia de un árbol en un bosque denso, probablemente depende más de los peligros que enfrenta que de su adaptabilidad genética, la adaptación no varía mucho entre individuos.

Mucho queda por aprender sobre el papel que juegan los insectos en la polinización de los árboles del bosque pluvial (van Steenis 1972); la fragancia de las flores no explica ese papel del todo. Existen muchas variaciones entre especies, aún del mismo género.

Hay poca información publicada sobre el período que transcurre entre el florecimiento y la madurez del fruto de muchos árboles tropicales potencialmente importantes, de los que se podría coleccionar semillas. La documentación sistemática de tales datos se inició en Malasia (Ng y Loh 1974).

Durante el año hay picos únicos de producción de semillas, aún en climas lluviosos (Medway 1972). Ciertas especies oportunistas y del estrato inferior tienen frutos maduros durante gran parte del año (Baur 1964a), pero la fructificación es claramente estacional, aunque las fechas pueden variar año con año (Baur 1964a, Harper 1977).

La cantidad de fructificación fluctúa en climas estacionales. En Colombia, se distribuyó menos equitativamente durante el año en ambientes estacionales que en los bosques muy húmedos premontanos (Hilty 1980). En Costa Rica, la fructificación culmina al comienzo de la estación de lluvias y en setiembre - octubre, después del "veranillo" (período de sequía) entre julio y agosto (Fournier 1976b); sin embargo, algunas especies fructifican en cualquier momento (Daubenmire 1972, Frankie *et al.* 1974b). En Puerto Rico, las semillas de especies introducidas de *Swietenia* generalmente caen al comienzo de la época

seca, pero las de la mayoría de especies caen durante la estación lluviosa.

La dispersión de las semillas en los bosques tropicales cerrados —al igual que la polinización— generalmente no depende del viento. El poco movimiento del aire en los bosques densos hace que la polinización por el viento no sea confiable (Baur 1964a). Cerca de Manaus, Brasil, el polen de sólo 5 de 37 especies de árboles estudiadas había sido diseminado por el viento (Silva 1977). Las semillas con alas son las únicas que pueden “volar” largas distancias en el aire inmóvil, común en muchos bosques tropicales (Harper 1977).

La dispersión de semillas por el viento en Surinam se limita a los árboles del estrato superior y a las especies pioneras (Schulz 1960). Un estudio en Nigeria comprobó que el 46% de las especies del estrato superior eran dispersadas por el viento, en comparación con sólo el 8 o 9% de las especies del estrato inferior (Jones 1956). En un bosque estacional muy húmedo de Venezuela, más del 20% de los árboles con dap de =60 cm producían semillas dispersadas por el viento, en comparación con sólo el 5% de las especies del estrato inferior (Rollet 1969). En Panamá, la fructificación que culmina en abril consiste en su mayor parte de semillas dispersadas por el viento, mientras que la que culmina en agosto, no (Croat 1975).

Los animales son el medio de dispersión de semillas más común en los bosques tropicales (Baur 1964a, Janzen 1975, Schulz 1960). De hecho, la diseminación de semillas es la contribución más importante de los mamíferos tropicales al ecosistema forestal de la región (Fleming 1975). En cualquier parte que aparezca un nuevo crecimiento poco correlacionado con las especies circunvecinas, se considera que los animales han sido los responsables de la diseminación (Baur 1964a). Generalmente, cuando las semillas no han sido dispersadas por el viento, se observan evidencias de ciertos vínculos con el comportamiento animal (Harper 1977, Jones 1956). A lo largo de los grandes ríos, las semillas podrían ser diseminadas por peces frugívoros (Prance 1982). En los bosques pluviales de Nigeria, se hallaron frutos comestibles en el 46% de las especies del estrato superior y en el 70% de las de los estratos medios e inferiores (Jones 1956).

Las semillas de casi todas las especies del estrato inferior de los bosques montanos muy húmedos de Colombia son distribuidas por aves (Hilty 1980). Cerca de

Manaus, Brasil, las semillas de 22 de las 37 especies de árboles estudiadas (60%) habían sido diseminadas por aves (Silva 1977). La época de fructificación de distintas especies de *Miconia* se ha escalonado de forma tal que hay frutos disponibles en todas las estaciones.

Snow (1981) enumera los siguientes géneros en las dietas de las aves frugívoras. Los que se designan con (s) constituyen el alimento de especies especialmente adaptadas: *Alchornea*, *Allophyllus*, *Aniba* (s), *Ardisia*, *Bactris* (s), *Beilschmeidia* (s), *Bromelia*, *Bursera*, *Byrsonima* (s), *Canella*, *Capparis*, *Casearia*, *Cecropia*, *Chlorophora*, *Chrysophyllum* (s), *Citharexylum*, *Clusia*, *Coccoloba*, *Comocladia*, *Cordia*, *Cupania*, *Dacryodes*, *Dendropanax*, *Eugenia*, *Fagara*, *Ficus*, *Genipa*, *Guaiacum*, *Guarea*, *Guazuma*, *Hedyosmum*, *Henriettella*, *Heterotrichum*, *Hyeronima*, *Hirtella* (s), *Ilex*, *Lactea*, *Licaria*, *Manilkara*, *Margaritaria*, *Matayba*, *Metopium*, *Miconia*, *Myrcia*, *Myrica*, *Nectandra*, *Ocotea*, *Palicourea*, *Persea*, *Petitea*, *Picramnia*, *Piper*, *Pisonia*, *Pithecellobium*, *Pouteria*, *Prestoea*, *Psidium*(s), *Psychotria*, *Rollinia*, *Rourea*, *Roystonea*, *Sapium*, *Schefflera*, *Sloanea*, *Tetragastris*, *Trema*, *Trichilia*, *Trophis*, *Turpinia*, *Virola* y *Zanthoxylum*.

A pesar de que prevalece la dispersión animal, en la mayoría de las especies se ha observado una gran concentración de plántulas cerca del árbol padre (Jones 1956, Schulz 1960). En Surinam, esto aparentemente causa la formación de parches de muchas especies del dosel. Esta forma de distribución en los bosques de dipterocarpáceas en Malasia también se atribuye a una dispersión de semillas poco eficiente (Ashton 1969, Burgess 1975). La regeneración natural de dipterocarpáceas generalmente ocurre en un radio de 60 m del árbol semillero.

Una vez que las semillas alcanzan el piso del bosque, la mayoría pueden germinar rápidamente bajo condiciones favorables. Una prueba de germinación con semillas de 99 especies de árboles en Malasia demostró que el 70% de las especies germinan a las 12 semanas, el 7% después de 12 semanas y el resto, indistintamente antes o después de las 12 semanas (Ng 1973).

En los bosques del norte de Surinam, la germinación rápida es crítica para el éxito de la mayoría de las especies de los estratos medio y superior, pues las plántulas deben estar esperando una apertura del dosel que les favorezca (Schulz 1960). Además, evidencias de ambos hemisferios indican que las semillas de muchas

especies son perecederas (Gómez-Pompa y Vázquez-Yanes 1972, Webb *et al.* 1972), y aunque no lo fueran, pueden ser atacadas por insectos o microorganismos en pocos días o semanas (Schulz 1960).

Las especies pioneras exigentes de luz y algunas especies oportunistas podrían necesitar luz para germinar y entonces, deben mantenerse en el piso forestal antes de la germinación (Schulz 1960). Las especies oportunistas capaces de germinar a la sombra tendrían que soportar, eventualmente, un clima seco. Algunas deben estar en contacto directo con los minerales del suelo para germinar (Schulz 1960). Las semillas frescas de *Schefflera morototoni*, una especie pionera del bosque, sembrada en vivero en Puerto Rico no germinó durante muchos meses, lo que indica dormancia fisiológica (Wadsworth 1945). Se han identificado cuatro causas para ese tipo de dormancia aparente: (1) desarrollo incompleto de la semilla hasta después de dispersada; (2) la germinación requiere ser activada por un fotoperíodo, luz o temperatura; (3) la germinación debe superar una sustancia inhibidora en el revestimiento de la semilla; y (4) la semilla posee un revestimiento impermeable que impide la filtración del agua.

Las especies cuyas semillas permanecen latentes antes de germinar deben defenderse de la depredación. Algunas están provistas de compuestos tóxicos; otras tienen envolturas y pericarpios gruesos. Las semillas pequeñas están más protegidas que las grandes; las que tienen aristas o espinas escapan a la depredación. Un período breve de dormancia también favorece la protección contra la depredación (Hunter *et al.* 1977). Las especies adaptadas a ambientes pobres, donde la competencia es más intensa, tienden a producir semillas más grandes y a dedicar sus limitados recursos más a la supervivencia de individuos establecidos que a la fecundidad (Harper 1977).

La proximidad a árboles semilleros, el tamaño y frecuencia de la cosecha de semillas y la durabilidad de las semillas afectan la abundancia de semillas en el piso del bosque. Estudios cerca de Veracruz, México, demostraron la presencia de muchas semillas latentes en el piso forestal (Guevara Sada y Gómez-Pompa 1976). Recolectaciones efectuadas en México y Nigeria demostraron que rara vez se encontraban semillas provenientes de los estratos superiores, y nunca se mantenían durante todo el año (Gómez-Pompa y



Fig. 3-4.—La fuerza regeneradora de los bosques tropicales es evidente en los árboles que cubren y ocultan totalmente las grandes pirámides de la ciudad Maya de Tikal.

Vázquez-Yanes 1972, Keay 1960). En contraste, las semillas de especies secundarias eran abundantes continuamente, lo que sugiere una mayor durabilidad en el suelo o una producción más frecuente. En los bosques de dipterocarpáceas de Sabah, sólo el 38% de las semillas recogidas pertenecían a especies primarias (Liew 1973a). Las semillas de especies pioneras, tales como *Anthocephalus* y *Macaranga*, eran abundantes. Estas relaciones parecen lógicas, pero las verdaderas diferencias en la abundancia de plántulas están regidas, además, por la capacidad de germinación de las semillas.

La mayor parte de la regeneración forestal tropical ocurre al abrirse el dosel (Fig. 3-4). Baur (1964b) diferencia entre tres distintos grados de perturbación y las respectivas reacciones de regeneración:

1. La muerte de un sólo árbol de tamaño mediano puede crear un claro de diámetro más pequeño que la altura del dosel, el cual es cerrado rápidamente por las copas de los árboles adyacentes. Las especies oportunistas que intentan aprovechar la apertura desaparecen rápidamente.

2. Cuando un árbol grande cae, creando un claro en el dosel de al menos 1000 m², se estimula la regeneración de especies secundarias que podrían sobrevivir y alcanzar la madurez, perdurando durante muchas décadas y contribuyendo a crear parches de especies comunes. Un ejemplo de tales especies secundarias en los bosques neotropicales es *Cordia alliodora*, cuyas semillas pueden sobrevivir suprimidas hasta ocho meses, pero necesitan un claro en el dosel para desarrollarse (Tschinkel 1965).
3. Cuando una catástrofe derriba una gran zona del bosque, las especies oportunistas rápidamente llenan el claro dando una sombra ligera, bajo la cual las especies de vida más larga se desarrollan a un paso más lento, hasta llegar a suplantarlas.

En bosques mixtos tropicales, rara vez un árbol que muere es reemplazado por otro de la misma especie, a pesar de la tendencia a la acumulación de semillas en el mismo sitio. Hace mucho tiempo, se desarrolló la teoría, en el África occidental, de que el ambiente creado bajo una especie del bosque primario favorece la progenie de otras especies más que la propia (Aubreville 1948). Richards llamó a esta teoría, la teoría del “mosaico” (1952). Aunque Schulz (1960) no encontró evidencias para apoyar esta teoría en los bosques pluviales del norte de Surinam, parece que ciertos mecanismos buscan favorecer una secuencia de especies distintas. El hecho de que la depredación de semillas es mayor cerca del árbol padre apoya ese concepto (Janzen 1970b). Según Baur (1964a, 1964b) esta es la razón por la cual la progenie de *Manilkara bidentata* no crece bajo el árbol padre.

En los bosques de la zona templada se han encontrado evidencias que apoyan la teoría del cambio secuencial de las especies. Según Fox (1977), la tendencia al reemplazo de árboles por otros de distintas especies se debe a algo más que la mera selectividad de los insectos depredadores. La supervivencia de las semillas y las plántulas puede ser controlada por otros depredadores, parásitos, toxinas y competidores directos en vez de insectos.

El comportamiento de las plantas después de la germinación es crítico para el éxito en un ambiente tan competitivo como el de los bosques primarios. Harper (1977) reconoce dos rutas para el éxito:

1. Las especies exigentes de luz son el resultado de una fuerza evolutiva y selectiva que favorece la precocidad y la producción de muchos

descendientes. La selección favorece el empleo de gran parte de los asimilados en la producción de semillas, aunque no se favorecen la capacidad competitiva ni una vida larga. La progenie tardía no es significativa, porque la sucesión ya ha progresado lo suficiente como para que esté bien establecida.

2. Las plantas que surgen en un bosque ya establecido, se clasifican como tolerantes, y son más agresivas que las plantas fecundas o las precoces. Producen semillas más grandes pero en menores cantidades, la supervivencia durante el período juvenil y una vida larga son más importantes que la producción de semillas. Cuando dos especies de este tipo crecen juntas, la selección favorece la divergencia para minimizar la competencia sobre los recursos que ambas requieren.

La cantidad de progenie por especie en el bosque no es proporcional a la cantidad de árboles maduros (Harper 1977). Aparentemente, la capacidad reproductiva de un árbol por sí sola no determina su abundancia en el bosque; también es importante la capacidad de la progenie de sobrevivir a los peligros durante el período de crecimiento y desarrollo inicial. Por ejemplo, la supervivencia de plántulas de dipterocarpaceas en el norte de Borneo disminuyó de casi 80% después del primer año a 43% después de cinco años (Nicholson 1965b). En Puerto Rico, las plántulas de la especie oportunista *Tabebuia heterophylla* pueden cubrir el suelo de bosques húmedos desde el principio de la estación de lluvias hasta la próxima estación de sequía, época en que casi todos desaparecen.

Los complejos factores involucrados en la regeneración natural de los bosques tropicales primarios no se entienden bien. Hasta hace poco tiempo, el interés principal era la explotación de madera de unas pocas especies comerciales del estrato superior. La adecuada regeneración natural se evaluaba en términos de la densidad de brinzales de esas especies. Aparte de los bosques dipterocarpaceos en los mejores sitios (Tang y Wadley 1976a) y otras pocas circunstancias especiales, la regeneración avanzada de estas especies era inadecuada para producir una segunda cosecha. A pesar del proceso gradual y continuo de la regeneración natural en sistemas primarios de la naturaleza, esa imposibilidad de obtener una nueva cosecha resulta del número limitado de especies aceptables en el mercado y del largo tiempo que el proceso toma.

Cuando se consideró que la regeneración natural de esas pocas especies seleccionadas era inadecuada, se supuso que si se raleaba el estrato superior y se preparaba un semillero al pie, se generaría una buena cosecha de estas especies en pocos años. Esta suposición, también, se equivocó en cuanto a la capacidad de las especies madereras como portadoras de semillas o como competidoras en un estrato inferior liberado. Este tema se discute más a fondo en el próximo capítulo.

Influencias ambientales

La respuesta e influencia del bosque tropical primario en su ambiente se consideran aquí desde el punto de vista de la productividad. Muchas de las variaciones biológicas en los bosques tropicales constituyen simplemente distintas etapas de una secuencia continua, en vez de cambios abruptos. Estas variaciones generalmente se deben a más de una causa, las cuales no afectan a todos los bosques del mismo modo o con la misma intensidad. Por lo tanto, las diferencias pueden aparecer gradualmente, y es difícil describirlas de manera inconexa o atribuirles causas específicas. Un factor que complica el asunto es averiguar en qué medida un bosque aparentemente no perturbado representa las condiciones naturales del presente o de un pasado reciente. Sauer (1957) analizó este aspecto en muchos sitios donde el drenaje y el relieve favorecen la presencia humana. Se ha dicho que en toda África quizás no existe un sólo bosque clímax; los descubrimientos en la cuenca del Amazonas muestran indicios de presencia humana previa en sitios poco accesibles de ciertos tipos de suelos. A pesar de la capacidad del bosque de cerrar los claros, las especies clímax demoran más de una generación en alcanzar una composición estable y, por ende, la restauración de un bosque pluvial primario. Por lo tanto, a pesar de la apariencia poco perturbada de un bosque primario, quizás haya soportado actividades humanas en épocas remotas.

El aislamiento geográfico afecta en buena medida la productividad del bosque, en especial en las islas oceánicas (MacArthur y Wilson 1967). Las islas pequeñas quizás tengan menos hábitats que un área continental parecida, debido a una inmigración menor y a una diferenciación de los mecanismos de dispersión. Generalmente, la cantidad de especies en una isla dada se relaciona con el tamaño de la isla y a su diversidad ambiental.

Los fenómenos catastróficos del clima (p.ej. huracanes) tienen efectos inequívocos y de largo alcance en el carácter y desarrollo de los bosques. Cuando los

huracanes son frecuentes, los bosques pueden resistir los vientos pero su estabilidad interna disminuye y retienen una mayor proporción de características sucesionales que en otras partes. Generalmente, los bosques azotados por huracanes sufren roturas de las copas y desarraigos unidireccionales. Los árboles que sobreviven tienden a producir raíces con contrafuertes, troncos cortos, maderas densas y copas compactas de hojas coriáceas (King 1945). El hecho de haber sobrevivido a un huracán no quiere decir que no hayan sufrido daños, o que no se requiera de mucho tiempo para recuperarse. Los árboles pueden echar renuevos y reemplazar sus copas aún hasta edades muy avanzadas, pero los efectos de las roturas quizás nunca se llegan a superar por completo. Walker *et al.* (1991) presenta un informe reciente de la influencia de los huracanes en los bosques tropicales.

Las relaciones ambientales de los ecosistemas forestales se dan en dos sentidos. En general, el bosque mejora los extremos ambientales. En los bosques primarios, el microclima varía desde el extremo del dosel de los árboles superiores, donde las condiciones de exposición a los elementos son similares a las de zonas deforestadas, hasta el nivel del suelo, donde los efectos externos se han moderado produciendo un ambiente relativamente estable (Baur 1964a). Al nivel del suelo, la estabilidad de la hojarasca, suelo, agua y nutrientes promueve una productividad forestal sostenible.

Humedad. La humedad es el factor ambiental más importante que determina la distribución, composición de especies y el crecimiento de los bosques (Kozlowski 1982). La productividad del bosque está estrechamente correlacionada con la disponibilidad de humedad; así, la altura del bosque disminuye de 50 a 10 m o menos al pasar de ambientes húmedos a secos. La cantidad de madera del fuste bajo distintas condiciones de humedad es muy significativa para la producción. Veillon *et al.* (1977) determinaron que la madera de los troncos en bosques de Venezuela variaba de 35% con una precipitación promedio anual de 40 cm, a 65% con una precipitación de 260 cm.

La humedad disponible también es significativa para otras características estructurales. Los bosques perennes estacionales y los bosques pluviales de Cambodia y Tailandia, con cantidades similares de biomasa, presentaron índices del área foliar del 7,3 y de 10,7 al 12,3, respectivamente (Art y Marks 1971). Existe una menor estratificación de la vegetación en los bosques

secos y muchas formas de vida especiales están ausentes (Webb 1959).

Los climas estacionales, característicos de los trópicos extra-ecuatoriales, son muy significativos para el crecimiento forestal. Schulz (1960) llegó a la conclusión de que la sequía en Surinam era la principal responsable de la periodicidad del crecimiento. Según ya se ha mencionado, los troncos crecen principalmente durante la estación lluviosa.

Los bosques primarios enfrentan la precipitación, en primera instancia, al ser interceptada por las copas de los árboles. Los datos de la cantidad de lluvia interceptada no tienen ningún significado por las variaciones en el grado de cobertura del dosel y la intensidad y duración de la precipitación. Un estudio de los bosques pluviales de Panamá mostró que el porcentaje de interceptación aumentaba con la cobertura del dosel y era mayor durante los aguaceros ligeros (Golley *et al.* 1975). Una relación similar se descubrió en los bosques húmedos de Puerto Rico (Clegg 1963); con una precipitación de 0,13 cm, la interceptación era completa en tanto que con una precipitación de 2,03 cm, se interceptó sólo el 50%.

En Tailandia, la interceptación variaba mucho con el tipo de bosque, siendo mayor en los bosques secos (Chunkao *et al.* 1971). En días en que la precipitación era de 0 a 1 cm, el promedio de interceptación en bosques perennes era de 24%, en comparación con 78% en los bosques secos dipterocarpaceos. Con una precipitación de 2 a 3 cm, los porcentajes respectivos fueron 14 y 64%. La interceptación declinó al aumentar la precipitación, a medida que el dosel alcanzó el punto de saturación. No

se explican claramente las tasas mayores de interceptación en bosques secos, pero quizás se deba a una precipitación menos intensa.

El agua interceptada no constituye una pérdida total para el ecosistema, pues entra al sistema junto con el agua descargada por los estomas, absorbiendo calor en el proceso de evaporación y contribuyendo a la humedad atmosférica en las cercanías (Monteith 1975). Durante la noche, no se da un gradiente significativo de humedad ya que la atmósfera en todos los niveles se encuentra cerca del punto de saturación (Davis y Richards 1933/34). La humedad relativa de un bosque de tierra firme cerca de Belem, Brasil (Bastos *et al.* 1974), demostró una saturación del aire nocturno constante a través del año, aún a los 15 m sobre el nivel del suelo (Cuadro 3-18); ni siquiera al mediodía se observó ningún estrés en relación con la humedad. La evaporación y la transpiración impiden que el aire se seque. En los bosques pluviales de Nigeria, durante el día se pierde poco o casi nada del vapor del agua de los estratos inferiores a los estratos superiores (Evans 1966).

El rocío durante la noche es capaz de compensar, en parte, la interceptación. A medida que baja la temperatura, generalmente la atmósfera se encuentra cerca o en el punto mismo de saturación. Sin embargo, en algunos bosques pluviales de Nigeria, el rocío no cae al suelo (Evans 1966). Un estudio descubrió que las hojas pequeñas retienen el rocío; sólo las grandes hojas digitadas de *Musanga* acumulan tanto rocío que algunas gotas caen (Longman y Jenik 1974).

Del agua que pasa a través del follaje, la parte que fluye a lo largo de los troncos de los árboles es mínima,

Cuadro 3-18.—Promedio de humedad relativa en un bosque de tierra firme cerca de Belem, Brasil, por mes, hora del día y altura sobre el nivel del suelo (%)				
Mes	Humedad relativa			
	1.5 m sobre el nivel del suelo		15m sobre el nivel del suelo	
	A mediodía	A medianoche	A mediodía	A medianoche
Enero	91	99	80	99
Abril	92	100	84	100
Julio	71	94	66	99
Octubre	78	95	66	97
Fuente: Bastos y otros (1974).				

excepto durante las tormentas de gran intensidad, según un estudio en los bosques pluviales de Malasia (Kenworthy 1971). Casi el 1% del agua recibida se evaporó en la superficie del suelo y sólo el 3% escurrió, lo que indica que el 96% se infiltró en el suelo forestal. El flujo basal de la corriente, incluyendo el escurrimiento superficial, totalizó casi el 25% de la lluvia, pero se redujo durante el día debido a una transpiración más activa, estimada en 135 cm/año.

Temperatura. Como es de esperar, la temperatura (especialmente la mínima) afecta el crecimiento de las plantas en los trópicos. Por ejemplo, la temperatura mínima de los trópicos extra-ecuatoriales es menor que en los trópicos ecuatoriales, y afecta a la flora en forma adversa.

La vegetación en las montañas tropicales también puede verse afectada por la temperatura baja, pero el efecto se confunde con diferencias en precipitación, viento y nubosidad. Sin embargo, Grubb (1977) descubrió que a medida que aumenta la elevación, la altura de los árboles en los bosques muy húmedos tropicales se reduce de 42 a 2 m y disminuye la riqueza de especies, el tamaño de las hojas, la producción de raíces fúlcreas y el número de trepadoras. Según Grubb, el límite superior de ocurrencia de las especies probablemente está determinado por la temperatura, mientras que el límite inferior lo determina probablemente la competencia. También observó, que las deficiencias en nutrientes cambian con la elevación y que la nubosidad reduce la transpiración. A elevaciones mayores (y temperaturas menores), los árboles se tornan raquíuticos, como en los suelos pobres de llanura. Además, a menores temperaturas, grandes cantidades de N y P se encuentran

inmovilizadas en la hojarasca no descompuesta y en el humus no mineralizado.

Sin embargo, el efecto de la elevación sobre el crecimiento de las plantas no es consistente. Un estudio en Venezuela (Veillon 1965) indicó que la cantidad de árboles, área basal y volumen de los bosques primarios empieza a disminuir recién a los 3000 m de elevación. Una conclusión similar se obtuvo al comparar la vegetación tropical (>24°C) y premontana (entre 2 y 18°C) del Panamá (Golley *et al.* 1969).

Las tasas de crecimiento de las plantas son afectadas por las temperaturas diurnas y nocturnas y por la duración del día (Longman y Jenik 1974). Se cree que la fotosíntesis es más eficaz y el crecimiento de las plantas más rápido a una temperatura de 30°C (Thornwaite 1948). Chang (1968, citado por Scott 1976) cree que, puesto que la respiración y la fotosíntesis varían con la temperatura, la producción primaria neta de los ecosistemas es relativamente poco afectada por cambios moderados en la temperatura media.

El efecto amortiguador del bosque puede reducir la variación en la temperatura diaria a menos de un tercio de lo que se reduciría fuera del bosque (Baur 1964a). En un bosque pluvial de Nigeria, el calor proporcionado en los estratos inferiores del bosque desde las 10 am hasta las 7 pm fue como promedio 10 kcal/m²/h, mientras que la pérdida de calor de noche arrojó un promedio de 7 kcal/m²/h (Evans 1966). No se perdió calor en los estratos superiores o inferiores durante el día, y la transferencia del calor ocurrió principalmente durante la noche.

La variación de la temperatura en un bosque de tierra firme a lo largo del Amazonas fue mínima durante el día y a través del año (Cuadro 3-19). Sin embargo, la

Cuadro 3-19.—Variación de la temperatura media en un bosque de tierra firme en Brasil, por mes, hora del día y altura sobre el nivel del suelo (°C)

Mes	Humedad relativa			
	1.5 m sobre el nivel del suelo		15m sobre el nivel del suelo	
	A mediodía	A medianoche	A mediodía	A medianoche
Enero	26.7	27.6	23.6	23.1
Abril	27.1	28.7	24.6	24.8
Julio	27.5	28.1	23.6	23.0
Octubre	27.7	28.6	23.4	23.0

Fuente: Bastos y otros 1974.

Cuadro 3–20.—Temperatura del suelo cerca de Belem, Brasil, por mes, profundidad y clase de terreno (°C)

Mes	A 2-cm de profundidad		A 1-m de profundidad	
	Bajo bosque	Abierto	Bajo bosque	Abierto
Enero	25.2	31.3	25.1	28.4
Abril	25.3	31.6	24.9	28.6
Julio	25.4	36.8	25.0	29.2
Octubre	25.1	40.2	25.0	30.0
Promedio	25.2	35.1	25.0	29.1

Fuente: Bastos y Diniz 1974.

es mayor que a 1,5 m, y menor a medianoche (Bastos y Diniz 1974). Los mismos autores encontraron una mayor uniformidad en las temperaturas del suelo bajo el bosque que en campo abierto, y que la diferencia en temperatura entre el bosque y campo abierto es mayor en la superficie que a 1 m por debajo de ella (Cuadro 3-20).

Brinkman y Goes Ribeiro (1971) descubrieron que a 2 cm sobre el nivel del suelo bajo el bosque primario de la Amazonia central, la temperatura subió a más de 30°C sólo el 3% del tiempo, y que la temperatura máxima alcanzada fue de 33,9°C. En campo abierto, la temperatura estaba por encima de 30°C el 52% del tiempo, y la temperatura máxima alcanzada fue de 49,9°C.

Luz. La luz dentro de los bosques se reduce gradualmente, desde el dosel de los árboles hasta el nivel del suelo. Según Yoda (1974), la iluminación visible recibida a los 57 m sobre el nivel del suelo, en un bosque pluvial de Malasia, se reduce al 30% a una altura de 40 m, 10% a 30 m, 5% a 20 m, 2% a 10 m y 0,5% a 1 m. En un bosque pluvial de Surinam, sólo el 1,5% de la luz plena del sol alcanza el sotobosque (Schulz 1960); en tanto que en un bosque de tierra firme cerca de Manaus, Brasil, era 1,4% (Conceicao y Barros 1979). Otro estudio arrojó un máximo de 0,1% a mediodía, declinando a 0,05% hacia las 3:00 pm y 0,02% a las 4:00 pm (Longman y Jenik 1974). Del 2 al 3% de los registros en bosques pluviales de Malasia y Nigeria, entre el 5 y 6% reciben luz solar directa, del 25 al 44% luz solar reflejada, y del 50 al 70% luz solar fragmentada (Baur 1964a).

Debido a la distancia entre el dosel y el suelo, muchos de los claros del dosel son más pequeños que el

diámetro aparente del sol, y por lo tanto, gran parte de la luz transmitida llega a zonas de penumbra, lo que produce una iluminación relativamente uniforme en el piso del bosque (Chartier *et al.* 1973). La disminución de la intensidad de la luz provoca la supresión de árboles. En un bosque de Puerto Rico con 1566 árboles de \$ 5 cm dap por hectárea sólo el 4% eran dominantes, 10% codominantes, 32% intermedios y 54% suprimidos (Anón. 1953a). Las tasas relativas de crecimiento diamétrico en estas cuatro clases ilustran, en parte, el significado de la iluminación. Si se establece como 100 el promedio de la tasa de crecimiento diamétrico de los árboles dominantes, las especies codominantes podrían crecer a una tasa relativa de 90 a 110, las intermedias entre 50 y 70 y muchos árboles suprimidos sólo del 10 al 30. Bajo tales condiciones un árbol de 30 cm dap, que ha vivido gran parte de su vida suprimido y que a lo sumo ha alcanzado el nivel intermedio, quizás tenga 180 años de edad o más.

Suelos. Los bosques tropicales han evolucionado para aprovechar al máximo los nutrientes del suelo. En los bosques pluviales, la limitación en la disponibilidad de nutrientes en función de la humedad y temperatura realza los mecanismos de adaptación a las deficiencias. En los suelos más infértiles (p.ej., suelos podsólicos y pantanos de turba) han crecido bosques pluviales, cuyas especies toleran tales deficiencias, aunque también son capaces de enfrentar la competencia agresiva de los árboles característicos de sitios más favorables.

En sustratos pobres en nutrientes, tales como los latosoles cerca de Manaus, Brasil, el contenido de nutrientes en las raíces finas generalmente es más reducido que en cualquier otra parte (Klinge 1976). Adaptaciones a estas condiciones incluyen (Herrera *et al.* 1978): 1) raíces densas con una capacidad muy alta

para retener nutrientes; 2) reciclaje directo de nutrientes a través de micorrizas; 3) acumulación de sustancias químicas en las hojas (reducción herbívora); 4) recuperación de nutrientes mediante la caída de hojas; 5) resistencia a deficiencias de Ca, abundancia de Al y acidez; 6) disposición de la hojarasca sobre el piso forestal para reducir la lixiviación; 7) fijación epifítica de N del aire.

Los suelos serpentinos pueden ser especialmente inhibidores del crecimiento por factores físicos desfavorables, tales como altos niveles de Mg, níquel (Ni) y posiblemente cromo (Cr); bajos niveles de Ca o de nutrientes (Proctor y Woodell 1975). Entre las adaptaciones de los árboles están las que favorecen la absorción de ciertos elementos y no de otros, la tolerancia a altos niveles de Mn, Cr, cobalto (Co) y hierro (Fe). Las adaptaciones buscan excluir a las especies menos tolerantes o adaptables.

Los suelos pobres reducen la estatura del bosque y la riqueza en la composición. Los cerrados del Brasil, bosques caracterizados por suelos pobres, crecen sólo 12 m de altura y no más de 70 cm dap (Rizzini 1975). Una excepción son los bosques de sabana de arena blanca en Surinam (Schulz 1960), donde pequeñas zonas pueden estar completamente cubiertas de bosques pluviales altos pues las raíces, aparentemente, alcanzaron una profundidad de 5 m hasta las rocas en descomposición.

A la inversa, las condiciones favorables del suelo se reflejan en la calidad de los bosques primarios. La abundancia de la regeneración natural de sal (*Shorea*) en la India aumenta con la disponibilidad de N y P en el suelo (Seth y Bhatnagar 1960).

Los manglares muestran la significancia de suelos adversos para los bosques naturales (Fig. 3-5). Las inundaciones y la presencia de sal favorecen a las especies del manglar, pues son las únicas que toleran estas condiciones. La segregación de especies dentro del manglar también podría estar definida por esas condiciones. En Sabah, la ocurrencia de dos especies de *Rhizophora* se relaciona claramente con la distancia al mar: *Rhizophora apiculata* es más abundante aproximadamente a 250 m del mar, mientras que *R. mucronata* alcanza una abundancia máxima a 650 m del mar (Liew et al. 1975). *Avicennia* es una especie favorecida en sitios donde la salinidad aumenta hasta tal punto que las demás especies no pueden tolerarla.

Experimentos efectuados en Hawai en suelos tropicales comunes —oxisoles, ultisoles, inceptisoles e histosoles— demuestran la influencia del bosque en la porosidad del suelo (Wood 1977). Las tasas de infiltración en suelos cubiertos de bosques eran de 3 a 5 veces mayores que en suelos similares bajo pastoreo o cultivos de caña de azúcar y piña. Las tasas de infiltración en el bosque (medidas con pruebas de anillos concéntricos) variaron de 15 a 39 cm/h, mientras que en suelos bajo pastoreo eran de 5 cm/h, 3 cm/h bajo caña de azúcar y 9 cm/h bajo piña. La mayor cantidad de agregados en el suelo bajo el bosque también reduce su susceptibilidad a la erosión.

Topografía. Ya se han mencionado las principales diferencias que como consecuencia de la elevación se dan en los bosques tropicales primarios. Menos conocida es la influencia de la topografía en los distintos tipos de bosques. Las cimas de las colinas en climas muy húmedos están mejor drenadas que los fondos de valles y quizás contengan material recientemente meteorizado, pero también están más expuestas a la erosión. Los fondos de los valles en climas secos, por el contrario, tienen a una mayor disponibilidad de humedad y reciben el beneficio de la deposición coluvial.

Estudios de los bosques montanos de Puerto Rico demostraron hace tiempo que la topografía local promueve la segregación de especies arbóreas (Wadsworth 1953). Aún si las colinas y los valles estén



Fig. 3-5.—Los manglares cubren densamente las orillas de los estuarios y los pantanos anegados por las mareas.

muy cerca, los árboles maduros de ciertas especies ocurren principalmente en una de estas zonas y sólo raras veces en la otra. *Dacryodes excelsa*, por ejemplo, generalmente se encuentra en la cima de las colinas, mientras que *Guarea guidonia* generalmente se encuentra en las laderas más bajas o en el fondo del valle.

La densidad del bosque también está influenciada por la topografía. En los bosques de dipterocarpaceas de Malasia, la cantidad total de árboles por hectárea con ≥ 27 cm dap, fue de 58 en las colinas y 33 en el fondo de los valles (Wyatt-Smith 1960c). Para las especies de valor económico, las cifras correspondientes fueron 30 y 11. La disparidad entre árboles grandes es aún más extrema. En la misma zona, Burgess (1970) determinó que las laderas más bajas son marginales para la producción de madera y excluyó el fondo de los valles y las laderas de más de 45°.

La topografía, y más específicamente el aspecto, puede ser significativa para la productividad de los bosques en gran parte de los trópicos, donde los vientos tienen una dirección prevaleciente. En la zona de vientos alisios de los trópicos extra-ecuatoriales, las laderas orientales suelen presentar una superficie perpendicular a la caída oblicua de la lluvia arrastrada por el viento, mientras que las laderas occidentales quizás sean casi paralelas. El efecto es una mayor precipitación y erosión en las laderas orientales, lo que produce suelos superficiales incapaces de absorber o retener una gran cantidad de lluvia. La evaporación, como resultado también del viento prevaleciente, quizás deje a las laderas expuestas más secas que las laderas protegidas.

Predicción del crecimiento. Intentos para correlacionar el crecimiento diamétrico de árboles individuales con la competencia y el tamaño del árbol no han sido muy exitosos. En Puerto Rico, no se determinó ninguna correlación entre el crecimiento diamétrico de *Dacryodes excelsa* y el área basal de árboles a no más de 8 m de distancia, aunque el diámetro inicial y la clase de copa lograron explicar un tercio de la variabilidad aproximadamente (Wadsworth 1953). En el norte de Nigeria, el ancho y altura del tronco y el tamaño de la copa explicaron el 40% de la variabilidad del crecimiento subsiguiente (Kemp y Lowe 1970), en tanto que la densidad medida con relascopio, el área basal y la suma de las alturas de especies competidoras dieron cuenta de otro 19%, y las variables del sitio explicaron otro 14%. En otra zona de Nigeria, casi el

70% de la variación diamétrica entre árboles se relacionó con su propia área basal (Lowe 1971). La altura y el diámetro de copa estaban fuertemente correlacionadas con el área basal, pero no explicaron la variación adicional del crecimiento. La competencia no explicó más del 5% de la variación en el crecimiento, aún en sitios donde era muy fuerte; tampoco el drenaje y la topografía cuentan de una porción significativa en la variación del crecimiento.

Un estudio de 1560 árboles en los bosques muy húmedos subtropicales de Puerto Rico durante 24 años, mostró una declinación severa en el crecimiento porcentual del área basal de árboles >35 cm dap, un crecimiento más rápido en el fondo de los valles que en las cimas de las colinas, y en las laderas empinadas que en las mesetas; además, los árboles dominantes presentaron un crecimiento de más del 70% en comparación con los árboles suprimidos. Tales estudios investigan complejas relaciones multivariantes que todavía no son bien entendidas. Una hipótesis es que en los bosques estables la proximidad de los árboles refleja la calidad del suelo, de modo que el crecimiento de los árboles individuales es casi el mismo, independientemente de la densidad del bosque circundante.

Otros efectos. La velocidad del viento se reduce sustancialmente en los bosques tropicales. Un estudio de la velocidad del viento en un bosque muy húmedo de Colombia de enero a abril mostró que si la velocidad del viento a 60 m sobre el nivel del suelo es 100, en la cima de los árboles (a 42-45 m) es 30 (Baynton 1965); a la mitad de la altura del dosel, la tasa es 3, y a los 2 m sobre el nivel del suelo, la tasa es 1. Esto evidencia que la reducción del viento, al igual que la luz, se da en más o menos la misma magnitud.

Una densa barrera de árboles es capaz de proteger del viento a una zona cuya extensión es de 10 a 15 veces la altura del dosel (Rosenberg 1974). Paradójicamente, los bosques abiertos a la altura del suelo permiten que el viento los atraviese; eso disminuye la velocidad de descenso de las masas de aire turbulento que el dosel hizo subir, y aumenta en buena medida la zona de protección.

El hecho que los bosques reducen la erosión del suelo es bien conocido. La importancia de este atributo aumenta con lo empinado que sea el terreno y con la intensidad de la precipitación. Los manglares de los estuarios

atrapan cantidades significativas de sedimentos provenientes de las cuencas tropicales; de hecho, los manglares empiezan con la sedimentación, pero una vez establecidos, las raíces fúlcreas retardan y precipitan aún mayores cantidades de sedimentos (Watson 1928).

La degradación del suelo en climas húmedos es inevitable en sitios llanos a menos que haya otra fuente de sustancias nutritivas (Assman 1970). En las laderas, la meteorización de la roca madre ofrece una fuente constante de nutrimentos; de hecho, este proceso es parcialmente responsable de la productividad duradera de los bosques de laderas. La quelación también abastece de otros nutrimentos. Muchas plantas del bosque parecen producir agentes de quelación que aceleran la formación de suelos (Longman y Jenik 1974). Aún así, en suelos ferralíticos (que contienen hierro) hay pocos minerales ricos en nutrimentos al alcance de las raíces de las plantas. La capacidad de intercambio catiónico de estos suelos es muy baja, con excepción de la delgada capa superior de humus, producto directo del bosque mismo.

Rendimientos

Los rendimientos de los bosques primarios se pueden expresar de distintas formas, con base en la tasa de incremento y dependiendo de los criterios de evaluación aplicados. Los ecólogos consideran al rendimiento en términos de una producción primaria neta (producción primaria bruta menos respiración), o sea, el crecimiento neto de todos los organismos, sobre y bajo el suelo, más la hojarasca. Luego, como los productos forestales tradicionales provienen en su mayoría de los troncos, o de troncos y ramas, el incremento volumétrico de estos componentes es de interés especial para el productor de madera. Finalmente, se halla el rendimiento expresado en términos comerciales, el cual excluye la madera de troncos cuyo aprovechamiento no es económico por razones como especie, tamaño pequeño, rajaduras o defectos del árbol; además, corteza, albura, desbastes, recortes y aserrín, dependiendo del producto.

Productividad primaria. La productividad primaria bruta de los bosques tropicales primarios cerrados varía de 13 a 123 t/ha/año (Golley y Lieth 1972). Se estima que el 60% de la productividad primaria total de la superficie terrestre se encuentra en los trópicos y un 20% en el subtrópico (Rodin *et al.* 1975). Si se resta la respiración, la productividad primaria neta varía de 10 a 32 t/ha/año (Murphy 1977), según la temperatura y la precipitación

(Cuadro 3-21), aunque también varía por tipo de bosque (Rodin *et al.* 1975):

Tipo de bosque	Productividad primaria neta (t/ha/año)
Tropical	
Húmedo	27-30
Húmedo estacional	15-16
Llano anegable	70
Manglar	10
Semiárido	7-14
Subtropical	
Húmedo	16-22
Montano	18
Semiárido	5-10

La productividad primaria de una comunidad de árboles se relaciona con el crecimiento del tronco utilizable hasta un límite de 7,5 cm (Dawkins 1961d). La producción anual (hojas, ramitas no persistentes, inflorescencias y frutos) generalmente da cuenta del 20 al 30% del peso seco acumulado. Según Dawkins, es poco probable que la producción primaria total de una comunidad de árboles exceda 1,6 veces el crecimiento medido en el fuste.

Madera útil. Con excepción de los sitios donde la leña es importante, la productividad del fuste es la mejor medida del rendimiento probable de madera útil. El fuste representa entre 70 y 80% de la fitomasa aérea de los bosques primarios (Dawkins 1961d). Dawkins (1964b) estudió el crecimiento diamétrico en función del área basal medida con relascopio, la exposición de la copa y la interferencia lateral, y llegó a la conclusión de que, con una cobertura del 90% de la copa y la mayor

Cuadro 3-21.—Relación entre el clima y la productividad primaria neta

Temperatura promedio (°C)	Precipitación media anual (cm)	Productividad primaria neta (t/ha/año)
10	100	14
20	200	22
30	300	26
30	400	28

Fuente: Lieth 1972.

libertad práctica de la copa, el rendimiento máximo de madera es aproximadamente 11 t/ha/año. Weck (1963) citado por Bazilevich y Rodin (1966), llegó a una similar conclusión.

En bosques comerciales, el rendimiento comercial no es equivalente a la productividad primaria neta, ya que no se consideran las raíces, los extremos del fuste, las hojas y (generalmente) tampoco las ramas pequeñas. Además, el rendimiento económico máximo no necesariamente se relaciona en forma directa con el volumen máximo producido porque para la mayoría de los productos, los árboles grandes generalmente valen más que un volumen igual de árboles chicos.

La cantidad de madera útil por unidad de área (independientemente de la calidad) es de interés general. Como Gallant (1959) indicó, las maderas tropicales de más demanda en el comercio mundial son también las más comunes en los bosques. Si bien toda especie que alcanza dimensiones útiles y con buena forma podrá ser aceptada en un mercado regional en expansión, siempre se preferirán maderas que se pueden obtener en cantidad.

Hughes (1968b) observó que hubiera sido imprudente suponer que un patrón de uso cambiante y una tecnología mejorada eventualmente resolverían el problema de la utilización de todas las especies que ahora se consideran de calidad secundaria. Existen buenas razones para clasificar a una especie como secundaria, y es poco probable que problemas como la dificultad en el aserrado, distorsión excesiva en el secado, resistencia a los clavos y mala trabajabilidad se puedan superar a un costo aceptable que permita el uso de esas especies para la construcción y fabricación de muebles (Hughes 1968b). Además el aumento en el uso de madera para pulpa no va a fomentar el manejo de bosques para obtener especies de baja calidad. Para operar eficazmente, la industria del papel y cartón necesita materia prima de tamaño y calidad uniforme. Aún en un futuro distante, la demanda por árboles grandes habrá de continuar porque la resistencia y superficie de su madera proporcionan una gran versatilidad en su estado natural y requieren poca modificación (Hughes 1968b).

Los productos forestales más valiosos se estiman con base en sus dimensiones y no en su peso; por eso, la productividad económica se expresa mejor en términos del volumen de crecimiento (metros cúbicos por

hectárea por año) en vez de masa. Sin embargo, cuando se requiere una conversión, el promedio de la gravedad específica de la madera de los bosques tropicales húmedos primarios es de aproximadamente 0,6; por lo tanto, para amplias comparaciones, una tonelada métrica equivale a casi 1,67 m³, o 1 m³ equivale a aproximadamente 0,6 t.

Sólo una pequeña proporción de la madera de los bosques primarios ha sido generalmente utilizable. Baur (1964b) descubrió que el rendimiento promedio de la madera útil era menos de 3 m³/ha/año. Ovington (1972) encontró una gama de 2 a 6 m³/ha/año, con un promedio inferior a 3,5. Maudoux (1958, citado por Catinot 1974) también da una tasa anual de crecimiento para los bosques africanos occidentales de 3 m³/ha/año. Veillon (1974) calculó en Venezuela, un crecimiento de 9,3 m³/ha/año en un bosque húmedo tropical; 4,0 m³/ha/año en un bosque seco tropical, y 1,0 m³/ha/año en un bosque tropical muy seco. Los manglares de Madras, India, aunque sujetos a una demanda intensa, producían desde hace tiempo no más de 2 m³/ha/año de madera útil (Venkatesan 1966).

Suponiendo que el crecimiento de árboles individuales pueda ser expandido hasta el límite del crecimiento del bosque en términos del área basal, Dawkins (1961b) propuso que la productividad potencial de madera de especies nativas podría alcanzar un nivel máximo de 24 m³/ha/año en bosques tropicales de tierras bajas. Para géneros intolerantes de crecimiento rápido, como *Ochroma* y *Cecropia*, la productividad máxima podría ser 43 m³/ha/año. Sin embargo, tales niveles no se pueden alcanzar con nuestros conocimientos actuales del valor de los sitios y sin una selección de genotipos. Además, los estándares actuales de uso de madera en rollo y enchapado desperdician hasta un 40% del volumen de madera.

Si la predicción de Dawkins y Weck, de una productividad máxima de 11 t/ha/año es correcta, y si la gravedad específica de la madera es 0,6, y si los bosques actuales están produciendo sólo 3 m³/ha/año (Baur 1964a), eso significa que solo un sexto de la madera producida es considerada comercializable. Dado lo anterior, una utilización más completa de los bosques primarios parece posible. Whitmore (1980) enumera muchos de los productos que podrían (y deberían) ser producidos por las fábricas de procesamiento primario y secundario de los bosques del sureste asiático: madera, celulosa, lignina, hemicelulosa, proteína, insecticidas,

aceites esenciales, colorantes para alimentos, medicinas, gomas, látex, resinas y ceras.

Variaciones. La variabilidad de los bosques tropicales, aún en distancias cortas, probablemente afecta la productividad, pero es difícil de caracterizar, evaluar, trazar o predecir. Un ejemplo es el bosque pluvial extremadamente variable de las regiones montañosas, donde la mayoría de los árboles grandes se encuentran en la cima de las colinas o en las laderas superiores, como en Malasia y las Indias Occidentales (Burgess 1970, Wadsworth 1953). Sin embargo, las clasificaciones de subformaciones o asociaciones a través de zonas extensas, aunque convenientes, son poco precisas por tratarse de secciones arbitrariamente definidas dentro de un gran continuum (Baur 1964a, 1964b), y aún de vez en cuando aparecen agrupamientos inconexos (Schulz 1960). En lo que pareciera un acto desesperado, se ha sugerido que el estrato inferior es un mejor índice del sitio que los árboles del estrato superior.

La descripción de las diferencias entre bosques tropicales es difícil y los resultados no son muy satisfactorios. El mero problema de la identificación de los árboles puede ser casi insuperable en el principio. Los ecólogos y botánicos han puesto en duda ciertas identificaciones del gran estudio de transectos de los bosques amazónicos efectuado por Heinsdijk (1960), algo de esperar, a medida que se intensifica la exploración botánica y las investigaciones taxonómicas. Muchas especies son escasas; además, el follaje juvenil puede ser diferente del de los árboles maduros. Existe poca evidencia aparente de la adaptación ambiental de los árboles tropicales o de la periodicidad de sus funciones, ya que muchos de ellos florecen y fructifican en forma asincrónica.

Una baja densidad máxima del bosque (área basal) constituye una restricción notable en los bosques tropicales. La estratificación vertical de las copas en el bosque primario no necesariamente aumenta el crecimiento del bosque, aunque puede aumentar el crecimiento de árboles individuales (Assman 1970). Para bosques mixtos de especies latifoliadas, el área basal máxima de un bosque que permita que un árbol individual desarrolle un crecimiento diamétrico aceptable, generalmente es menos de 35 m²/ha, casi la mitad de la de los bosques de coníferas y eucaliptos en la zona templada. Razones diámetro de copa/dap de 21 a 23 son comunes (Bell 1971, Pajmans 1970).

Según Dawkins, estas razones no disminuyen a medida que la especie alcanza la madurez, en el caso de las exigentes de luz, pero sí en las tolerantes. El bosque relativamente abierto necesario para asegurar un crecimiento rápido y continuo de las especies exigentes es muy distinto del bosque primario. El hecho de que las tasas de respiración aumentan con la temperatura más rápidamente que las tasas de fotosíntesis (por la senda del C³) podría también limitar la producción de los ecosistemas de bosques tropicales.

Los bosques primarios contienen muchas especies difíciles de evaluar, utilizar o cultivar, como por ejemplo, *Calamus* spp., especies trepadoras capaces de alcanzar la parte superior del dosel, o bien, las que producen sustancias elastómeras, resinas, látex, aceites comestibles, productos medicinales y frutas. Muchos de los grandes árboles de buena forma son de madera muy dura o tienen un alto contenido de sílice, pero otros son de baja resistencia a las rajaduras, o emiten olores desagradables, o causan alergias. Otros tienen mala forma y son tan escasos que no abastecen la materia prima suficiente para ser utilizados económicamente.

La extensión del nicho abarcado por cada especie no es evidente, lo que pone en duda a qué se deben las variaciones en la ocurrencia y desempeño de las distintas especies. La presencia de gambas altas y la falta de anillos de crecimiento, como índices confiables de la edad de las especies leñosas, constituyen grandes desventajas en la evaluación del crecimiento. La fotogrametría y otras técnicas de teledetección todavía no ofrecen muchos detalles de significado para la silvicultura. Variaciones en el nivel de tolerancia, tanto de la especie como de las clases etarias, complican las predicciones del crecimiento y las prescripciones silviculturales. La calidad comercial aún de los árboles aparentemente sólidos es muy variable debido a la presencia de defectos ocultos.

Experimentos con zanjas y corta de malezas del sotobosque arrojan luz sobre el grado de competencia por agua y nutrimentos para el crecimiento de árboles individuales dentro de ecosistemas forestales. Un experimento en un bosque de *Shorea* (especie caducifolia) en la India demostró que la corta de malezas estimuló el crecimiento de las plántulas más que el zanjeado, a un nivel muy significativo (Bhatnagar 1959). En parcelas desmalezadas, las zanjas tuvieron poco impacto sobre el crecimiento subsiguiente, lo cual fue inesperado pues se suponía que en los bosques

caducifolios la competencia de los grandes árboles era mucho más severa que la competencia de las malezas. Después de 12 meses, las zanjas provocaron un crecimiento en altura del 8%, en comparación con 39% para la corta de malezas. Este último tratamiento reduce la competencia por agua y nutrimentos, por lo que es probable en el estudio ambos se confundieran. Además, podría ser que el beneficio pleno de las zanjas tarde al menos 12 meses en evidenciarse.

Las variaciones en los tiempos y tasas de crecimiento de distintas especies en distintos lugares quizás sean difíciles de evaluar, y más aún de predecir. La periodicidad del crecimiento en los bosques muy húmedos por lo general no depende de acontecimientos climáticos obvios (Tomlinson y Gill 1973). Algunas especies crecen continuamente, o al menos hasta cierto grado, mientras que otras exhiben distintos grados de periodicidad, por lo que es necesario medir el crecimiento en años completos. Aún si se midiera sólo en la estación de sequía no es seguro para todas las especies, porque algunas que parecen estacionales pueden crecer también durante este período (Longman 1969). Algunas especies producen nuevas hojas en la estación de sequía; en Ghana, por el contrario, los árboles caducifolios pierden sus hojas en noviembre, mientras que los predominantemente perennes tienden a perder las suyas en marzo (Longman 1969).

Pero no sólo el crecimiento es variable; los intentos de medirlo pueden fallar a causa del encogimiento estacional. Daubenmire (1972) encontró en Costa Rica un cambio de 0,04 cm en el dap de *Swietenia macrophylla* debido solamente a cambios en el grado de humedad de la corteza. Se han registrado mayores diferencias con *Eucalyptus robusta*, una especie de corteza esponjosa, la cual muestra disminuciones del dap de hasta 0,246 cm durante la estación de sequía (Daubenmire 1972). Mediciones repetidas en estaciones de sequía sucesivas podrían variar significativamente debido a diferencias en el grado de sequía entre estaciones.

Las tasas de crecimiento podrían variar aún a diario. Se determinó el crecimiento terminal de seis cañas de *Dendrocalamus strictus*, una especie de bambú, cuya altura promedio era 137 cm (Dutta y Tomar 1964). El bambú produjo nuevas cañas entre julio y setiembre. El crecimiento máximo en altura de las seis cañas fue 27,2 cm durante un período de 24 horas, pero más de la

mitad del crecimiento ocurrió de noche. En Surinam, para minimizar la variación diaria, se buscaba medir los árboles entre las 6:30 y las 11 am (Schulz 1960).

La ausencia de anillos de crecimiento discernibles y su periodicidad desconocida complica aún más la definición de las tasas de crecimiento en los bosques tropicales. La mayoría de las especies no producen anillos lo bastante diferenciados y continuos, como para permitir que distintos observadores obtengan el mismo resultado. Aún los árboles caducifolios, decididamente estacionales en cuanto al crecimiento diamétrico del tronco, muestran poca evidencia de anillos. Donde los anillos de crecimiento se distinguen bien, algunos corresponden al alargamiento del tronco y otros no (Tomlinson y Gill 1973). *Avicennia germinans*, un mangle, produce anillos de separaciones muy uniformes aparentemente seis veces al año, pero estos se correlacionan con el diámetro del tronco y no con la edad del árbol.

El registro durante 36 años del porcentaje promedio de área basal de 153 árboles de *Dacryodes excelsa* en un bosque muy húmedo subtropical de crecimiento antiguo en Puerto Rico, el cual se recuperaba de un huracán que ocurrió en 1932, mostró una gran variación aún cuando se promediaron distintos períodos de varios años. No hay una explicación evidente de las fluctuaciones, aunque la tendencia general hacia un crecimiento más lento probablemente refleja una creciente densidad forestal a medida que avanza la recuperación. Es claro que, bajo estas condiciones, los promedios de unos pocos años podrían no ser representativos de las expectativas a largo plazo. Los promedios son los siguientes:

Período	Crecimiento del área basal, promedio anual (%)
1946-82	2,04
1946-52	4,52
1952-58	2,42
1958-65	3,20
1965-76	1,42
1976-82	1,63

Determinar la capacidad de la semilla de sostener ecosistemas tropicales forestales estables también se complica por la extrema variación entre especies en cuanto a la época de producción y viabilidad de la

semilla en el piso forestal. Las semillas de especies típicas del estrato superior de bosques muy húmedos, generalmente son perecederas y, por lo tanto, permanecen sólo durante un período muy breve después de haber caído. Géneros muy exigentes de la luz, como *Cecropia*, pueden ser un componente menor de los bosques primarios; sin embargo, la mayoría de las semillas viables en el piso forestal son suyas debido a su larga viabilidad. Estas semillas pueden quedar latentes hasta que algún acontecimiento inesperado las exponga a suficiente luz para que germinen, mientras que la germinación de especies tolerantes quizás quede inhibida precisamente porque hay luz (Baur 1964a, 1964b).

Se ha hablado mucho aquí sobre los rendimientos de los productos cosechables de los bosques primarios. Estos bosques todavía constituyen una fuente principal de productos forestales en muchas zonas tropicales. Sin embargo, al extraer productos vegetales o animales del bosque, lo que queda ya no es un bosque primario. Si los bosques primarios han de persistir, sus usos deben ser sólo los no extractivos, como la preservación de la biodiversidad de plantas, animales y germoplasma, la estabilidad del suelo, la calidad del agua, investigaciones científicas no manipuladoras y actividades educativas y recreativas no destructivas. Los productos, por lo tanto, deben provenir más bien de los bosques secundarios y plantaciones, de las cuales se habla en los capítulos siguientes.

Capítulo 4.

Los Bosques Secundarios y su Manejo

Un bosque primario es aquel que no ha sufrido perturbaciones significativas por la intervención humana. Por consiguiente, cualquier modificación hecha por los seres humanos en un bosque primario anula su condición de “primario” (Fig. 4-1). El término “secundario” se aplica al “crecimiento forestal que se produce naturalmente después de una modificación drástica del bosque previo” (por ejemplo, tala rasa, incendios graves o ataques de insectos) (Ford-Robertson 1971). Literalmente, el bosque secundario aparece después de aclareos totales del terreno, y por lo tanto, se excluyen los bosques talados que mantienen un dosel parcial. Sin embargo, en este capítulo el término “secundario” abarca ambos tipos de bosques. A pesar de que los dos pueden ser distintos en estructura y composición, con el tiempo, y particularmente a medida que son manejados, sus características respectivas y tratamientos tienden que converger. Aún ahora, los bosques más avanzados de crecimiento secundario requieren el mismo tratamiento que muchos bosques talados.

De los bosques remanentes en 76 países tropicales en 1980, al menos la mitad eran secundarios (Anón. 1982a), de los cuales, casi 9 millones km² eran potencialmente productivos (Cuadro 4-1). Eso significa que se trata de bosques donde el terreno y los reglamentos actuales no prohíben la producción de madera útil (sin tomar en cuenta la accesibilidad actual).



Fig. 4-1.—*Bosque seco residual después de muchos años de pastoreo excesivo e incendios, compuesto casi totalmente de *Bursera simaruba*; no se observa regeneración.*

En relación con la población, la extensión de los bosques secundarios potencialmente productivos en América tropical es de tamaño intermedio entre los de África y los de la región del Asia y del Pacífico. En el África, el 72% de los bosques secundarios son abiertos (secos) y sólo el 28% tienen un dosel cerrado. En América, la razón es de 50:50, y en el Asia y el Pacífico es de 6:94.

Los bosques tropicales secundarios actuales se están perdiendo por la deforestación, pero las talas parciales en bosques primarios y de crecimiento antiguo generan nuevos bosques que engrosan las filas de los secundarios (Cuadro 4-2). Afortunadamente, otros terrenos se están reforestando naturalmente. El efecto neto medido durante cinco años ha sido que la zona forestal secundaria disminuye a razón de un tercio de la disminución del bosque primario (Anón. 1982e).

La importancia crítica de las áreas actuales de bosque secundario, como fuente de madera en el año 2000, suponiendo un manejo intensivo de hasta 6 m³/ha/año, se ve en los datos presentados por Wadsworth (1983). A causa del costo inicial más alto de las plantaciones, estas son mucho menos extensas que los bosques naturales. Si en el año 2000 las plantaciones abastecen sólo la proporción actual (12%) de la demanda por madera, el 90% restante deberá salir de los bosques nativos secundarios. Si las plantaciones abastecieran el 50% de las necesidades, esta dependencia sobre los bosques nativos declinaría hasta casi un 54%. Sin embargo, ya que las zonas forestales desaparecen en aras de más terrenos para otros usos, el área que se regeneraría en forma natural y se manejaría de manera sostenible sería más pequeña en muchos países.

La naturaleza de los bosques

Existen dos grandes categorías de bosques secundarios. Una son los bosques residuales que han sido talados más de una vez en los últimos 60 a 80 años, y que la última tala haya sido en los últimos 30 años. Ya que nunca han sido talados completamente, estos bosques retienen algunas de sus características anteriores.

La segunda categoría, llamada bosques de “barbecho” o “voluntarios” (Anón. 1982a) consiste, en su mayor parte, del crecimiento espontáneo que surge después de un cultivo periódico. A este bosque le falta tanto la estructura como la composición de un bosque maduro, porque está compuesto principalmente de especies pioneras. Por lo general, casi el 55% de los bosques

secundarios de los trópicos son bosques talados y el 45% bosques de barbecho; en el neotrópico, la relación correspondiente es de 51 y 49%. Las áreas forestales secundarias potencialmente productivas de los trópicos consisten, por lo general, de especies latifoliadas (94%) y coníferas (6%) (Anón. 1982e); en el neotrópico, 87 y 13%, respectivamente.

Entre las características que distinguen a los bosques tropicales secundarios de los primarios están las siguientes (Budowski 1970, Odum 1969):

Rasgo	Características del bosque secundario en relación con el primario
Nutrimientos y estabilidad	
Nutrimientos inorgánicos	Extrabióticos, en vez de intrabióticos
Ciclos de minerales	Abiertos en vez de cerrados
Conservación de nutrientes	Menos efectiva
Intercambio de nutrientes con el ambiente	Mayor
Papel nutritivo de los detritos	Menos importante
Patrón de la cadena alimenticia	Lineal en vez de reticular
Estabilidad	Pobre
Estructura	
Biomasa por unidad de flujo de energía	Menos
Tamaño de los organismos	Más pequeños
Superficie del dosel superior	Más uniforme
Estratificación	Menos organizada
Estrato inferior de los árboles	Más denso
Materia orgánica	Menor cantidad
Tolerancia de las especies dominantes	Mucho menor
Diversidad	
Cantidad de especies	Menor
Heterogeneidad espacial	Menos organizada
Equidad de especies	Menor
Especialización de nichos	Poca
Simbiosis	Menos desarrollada
Rango natural de especies dominantes	Más amplio

Crecimiento, regeneración y productividad

Selectividad del crecimiento	Por rapidez
Regeneración de especies dominantes	Mucho menos común
Viabilidad de semillas	Larga duración
Ciclos de vida	Más cortos y simples
Producción bruta	Más alta
Producción bruta/razón de respiración	Mayor que 1
Producción neta primaria	Más alta
Densidad de la madera	Menor
Producción de madera	Mayor

Se han notado otras diferencias. En Trinidad, un bosque secundario tenía una cantidad de especies características de hábitats más secos que los del bosque primario, menos especies de Leguminosae y Myrtaceae y una mayor cantidad de Rubiaceae (Greig-Smith 1952). Además, los insectos herbívoros son de 5 a 10 veces más abundantes en los bosques secundarios que en los primarios (Janzen 1975), lo que sugiere, que las especies pioneras tienen menos defensas químicas y dedican más energía al crecimiento. En Malasia, por ejemplo, los bosques secundarios, deficientes en insectos depredadores y parasíticos del bosque primario como factores de control, fueron la fuente principal de plagas en el cacao (Conway 1972). En México, los árboles de los bosques secundarios tienden a usar más energía para la reproducción que para el crecimiento; por consiguiente, producen muchas semillas por planta en forma continua durante el año y dispersan sus semillas de manera más extensa, las cuales una vez en el suelo, mantienen su viabilidad por largo tiempo (Gómez-Pompa y Vázquez-Yanes 1974). Una hipótesis es que los bosques secundarios quizás tengan raíces profundas y difusas que concentran los nutrientes dispersados mediante la quema y la lixiviación (Stark 1971).

Bosques residuales. Más de la mitad de los bosques secundarios de los trópicos han sido talados, la mayoría selectivamente y no a tala rasa (Fig. 4-2). Esto ha reducido la representación de las especies más valiosas y ha dañado a algunos de los árboles remanentes, con lo que mengua la productividad potencial de madera útil.

Los impactos del daño producido por la explotación se han evaluado en varias regiones tropicales, principalmente en el hemisferio oriental. Los informes

Cuadro 4-1.—Bosques tropicales secundarios potencialmente productivos, 1980

Región/País	Bosque talado (millones ha)	Bosque de barbecho (millones ha)	Total (millones ha)	Bosque (%)	Terreno (%)	Área per cápita ^a (ha)
Mundial	494.110	402.02	896.13	37	18	1.40
África tropical	213.800	165.98	379.78	46	17	2.00
Asia tropical	108.170	73.22	181.39	44	19	.80
América tropical ^b	172.140	162.82	334.96	31	20	1.30
Belice	.800	0.53	1.33	68	58	8.30
Bolivia	12.090	1.10	13.19	19	12	2.60
Brasil	130.650	100.62	231.27	37	27	2.00
Colombia	.900	8.50	9.40	16	8	.40
Costa Rica	.770	.12	.89	46	17	.40
Cuba	.800	.70	1.50	77	13	.10
República Dominicana	.190	.27	.46	51	10	.09
Ecuador	.110	2.35	2.46	14	9	2.80
El Salvador	.010	.02	.03	19	1	.01
Guatemala	1.210	.30	1.57	32	14	.20
Guyana	1.350	.20	1.55	8	7	1.90
Guayana Francesa	.150	.08	.23	3	3	3.80
Haití	.010	.04	.03	56	2	.01
Honduras	1.190	.68	1.87	40	17	.70
Jamaica	.004	.16	.16	70	14	.08
México	.300	26.00	26.30	35	13	.40
Nicaragua	.150	1.37	1.52	28	12	.60
Panamá	.820	.12	.94	22	12	.50
Paraguay	2.480	3.27	5.75	16	14	2.00
Perú	6.000	5.35	11.35	15	9	.70
Surinam	.420	.27	.69	4	4	1.40
Trinidad/Tobago	.130	.06	.19	76	40	.20
Venezuela	11.610	10.65	22.26	49	24	1.70

Fuente: Anón.1982e.

^aCifras por cápita con base en la población total de 1980.^bCifras para terrenos boscosos abiertos disponibles sólo para el Brasil.

comúnmente dan énfasis a la cantidad y proporción de árboles dañados, mientras que la productividad futura depende del efecto contrario: la cantidad y calidad de los árboles remanentes (Fig. 4-3). Un estudio efectuado en un bosque de dipterocarpáceas en Sabah (Nicholson 1958a) demuestra que el porcentaje de árboles no dañados con \$10 cm dap bajó de 76% a 42% cuando se incrementó el aprovechamiento de 2 a 10 m², área basal.

En la península de Malasia, la extracción de dipterocarpáceas en tierras bajas hasta un diámetro límite de 58 cm dañó el 39% del área y el 28% de los

árboles remanentes con dap entre 10 y 39 cm (Smith 1962a). De las especies comerciales, el 56% de los brinzales de 3 m de altura y hasta 5 cm dap (173 árboles/ha) no sufrieron daños; de los latizales con dap entre 5 y 19 cm quedó el 32% (210 árboles/ha) (Fig. 4-4). Finalmente, de los árboles con dap de 20 a 49 cm, quedó el 21% (35 árboles/ha), más los diez árboles existentes con dap de 40 a 58 cm. En total, 255 árboles por hectárea con dap de 5 cm o más no fueron dañados por el aprovechamiento.

La extracción de 11 árboles por hectárea en bosques de dipterocarpáceas en Kalimantan, Indonesia, dañó seriamente el 30% del terreno (Abdulhadi *et al.* 1981).

Cuadro 4-2.—Cambio anual en una zona boscosa tropical secundaria potencialmente productiva, 1975–80					
Región Tropical	Nueva conversión (millones ha)	Región reforestada en barbecho (millones ha)	Deforestación (millones ha)	Cambio neto (millones ha)	Tasa neta de cambio (%)
África	+0.64	+0.95	-3.45	-1.86	-0.5
América	+2.00	+1.54	-4.37	-0.83	-0.2
Asia y el Pacífico	+1.76	+0.90	-1.51	+1.15	+0.6
Mundial	+4.40	+3.39	-9.33	-1.54	-0.2
Fuente: Anón. 1982a.					

La cantidad de árboles se redujo de 445 a 259/ha y el área basal promedio de 36 a 18 m²/ha. De los 259 árboles/ha restantes, solo 154 no estaban dañados (59%). Un estudio en Nigeria mostró que la extracción de 2,3 m³/ha dejó sanos al 84% de los árboles restantes; pero al aumentar el volumen de extracción a 9,2 m³/ha, sólo el 44% de los árboles quedaron en buen estado (Redhead 1960a). De los árboles dañados, casi el 25% sufrieron lesiones en la copa o corteza; si bien tales daños no provocan la muerte del árbol, posiblemente sí afecten seriamente la producción futura de madera útil. Casi el 20% del daño fue causado por los tractores oruga, un factor que se puede controlar mejor que la tala.

En los bosques pluviales de Queensland, Australia, la extracción en rodales con un área basal de hasta 80 m²/

ha, deja en pie hasta 50 m²/ha, un tercio de la cual es madera para ebanistería y otras especies comerciales (Henry 1960). Se considera que tales rodales tienen existencias adecuadas. Esta tala parcial sólo provoca un impacto menor sobre el ambiente y sus efectos se recuperan rápidamente (Anón. 1983c); de hecho, la explotación forestal ni alarga el tiempo de recuperación, ni causa daños a la producción futura. Además, la diversidad de especies fue mayor en los rodales aprovechados que en los vírgenes.

En Surinam, se efectuaron varios intentos por aplicar el Sistema Uniforme de Malaya (extracción de todos los árboles con dap >10 cm), los cuales no tuvieron éxito en estimular una nueva regeneración; no obstante, los esfuerzos por minimizar el daño de la extracción a los árboles inmaduros dejaron bosques residuales capaces



Fig. 4-2.—Bosque residual en el sureste de México, donde se muestra la densidad de la cobertura remanente.



Fig. 4-3.—Bosque húmedo de Filipinas inmediatamente después de la tala; se aprecian los árboles remanentes pequeños.



Fig. 4-4.—Bosque residual de dipterocarpáceas en colinas de Sarawak, 18 meses después de la extracción de un promedio de 38 m³/ha; se aprecia el buen estado de la cobertura forestal de uso potencial.

de producir una segunda cosecha (Jonkers y Schmidt 1984). A pesar de que se proyectaban pérdidas de hasta el 40% de los árboles comerciales, se espera tener en 20 años una cosecha de 19 árboles por hectárea con 30-50 cm dap.

El sistema de cortas parciales desarrollado en Surinam, llamado “Celos”, predice un rendimiento de 20 m³/ha de madera de buena calidad cada 20 años, y manteniendo un alto nivel de biomasa para evitar la lixiviación de los nutrimentos (de Graaf 1986).

En las colinas húmedas de Dominica, Indias Occidentales, estudios de 62 parcelas de 1 ha revelaron que la extracción de la especie dominante, *Dacryodes excelsa*, permitió una regeneración adecuada para la siguiente cosecha (Bell 1976). La composición del bosque restante, cuya área basal variaba de 17 a 25 m²/ha, consistió de *Dacryodes* (casi un 40%), pero también de otras especies deseables desde el punto de vista comercial, tales como *Byrsonima spicata*, *Sterculia caribaea* y varias *Lauraceae*. Estos ejemplos sugieren que la extracción quizás deje suficientes árboles para producir una segunda cosecha; especialmente si el daño se disminuye mediante un control estricto de las operaciones de campo (Wyatt-Smith 1963). El uso de cables y winches podría causar menos daño que el tractor de oruga.

Sin embargo, la cosecha de madera puede causar el deterioro de un sitio, aún cuando el bosque residual sea

adecuado. La extracción selectiva de especies puede reducir la diversidad (y por ende, la estabilidad ecológica) del resto del bosque. En un ejemplo, la extracción de todos los fustes sin corteza de un bosque húmedo eliminó del ecosistema el 10% del nitrógeno (N), 39% del fósforo (P), 28% del potasio (K), 20% del calcio (Ca) y 57% del magnesio (Mg) (Ewel y Conde 1978). Aún si no se dieran esos niveles de pérdida, al sumarlas con las menores tasas de infiltración esperadas después de un aprovechamiento, la calidad del sitio se ve amenazada. Después del aprovechamiento en Kalimantan, Indonesia, la infiltración del agua de lluvia en el suelo bajó de 4,6 a 0,6 cm/min (Abdulhadi *et al.* 1981).

A pesar de lo adecuado que un bosque residual puede ser, su valor es de poca importancia cuando los caminos de extracción invitan a los agricultores a entrar y talar lo que queda, para convertir el terreno a la producción de alimentos.

Bosques de barbecho. Donde se han eliminado los bosques completamente, pero el clima y los suelos todavía favorecen su crecimiento, el cese de las perturbaciones humanas permite el restablecimiento gradual del bosque, siempre que lleguen semillas de árboles al sitio. Estos bosques pueden ser el resultado de un régimen de barbecho agrícola deliberado, pero en cualquier caso, son voluntarios. Se asemejan a una sucesión primaria y generalmente difieren significativamente del bosque que una vez hubo en el sitio.

Recuperación mediante la sucesión. Los bosques secundarios, residuales o voluntarios, cambian continuamente durante la sucesión, un proceso mediante el cual los organismos mejor adaptados al desarrollo nuevo del ambiente forestal, gradualmente reemplazan a los organismos de las etapas previas. La sucesión sigue un patrón, comúnmente es controlada y razonablemente orientada, y por consiguiente se puede predecir. Culmina en un ecosistema estable donde se mantiene la función máxima simbiótica entre los organismos (Odum 1969). La sucesión aumenta la estabilidad general del bosque como ecosistema y conduce a un aumento de la resistencia a las perturbaciones. Para la producción de madera, el comportamiento de los bosques de sucesión se asemeja más al de los bosques pluviales que al de los bosques en estado estable (steady state) (Anón. 1983c).

Cuatro etapas encontradas en la sucesión de los bosques de especies latifoliadas en la zona norte templada parecen ser aplicables a los trópicos (Bormann y Likens 1981). Estas etapas son las siguientes:

1. Reorganización, la materia orgánica total disminuye, a pesar de que la biomasa viviente aumenta.
2. Acumulación o agradación, el sistema acumula biomasa y hojarasca hasta alcanzar un punto máximo.
3. Transición, la biomasa y la hojarasca declinan hasta cierto punto.
4. Estabilidad, la biomasa y la hojarasca fluctúan alrededor de un promedio relativamente constante.

Durante la reorganización, la materia orgánica muerta del sistema anterior se descompone y desaparece más rápidamente que la biomasa que se acumula. La regulación biótica del agua se establece rápidamente, pero durante un largo tiempo, las tasas de pérdida de nutrientes disueltos podrían exceder las de los bosques primarios.

Durante la aluvionación, la producción primaria es ligeramente mayor que la descomposición, lo que genera una alta tasa de acumulación de biomasa y hojarasca. La resistencia a la exportación de nutrientes alcanza su punto máximo. El nitrógeno se acumula mediante la precipitación y la fijación. Los componentes químicos del agua drenada y la erosión están estrechamente regulados. Se reduce el flujo de agua superficial, con lo que se conservan los nutrientes. La interceptación y transpiración disminuyen la cantidad de agua almacenada.

Durante la transición, el aumento rápido de la productividad primaria que incrementa la cantidad de biomasa, declina con el cambio a especies de crecimiento más lento pero más eficientes en el uso de un ambiente cambiante.

En la etapa estable se da un mosaico de parches en distintas etapas de desarrollo que tienen que ver con secuencias de acumulación y pérdida de la biomasa. La diversidad del hábitat alcanza su punto máximo. La riqueza es mayor que durante la aluvionación, pero en los bosques aprovechados ligeramente, la mayor



Fig. 4-5.—*Regeneración de la especie oportunista Cecropia spp. en un claro después de un huracán en Puerto Rico, debajo vuelve a crecer un bosque mixto.*

diversidad florística ocurre en la etapa anterior, pues se combinan los rebrotes del bosque original con las plántulas de las especies pioneras.

La composición de rodales pioneros puede reflejar el ambiente pasado y presente (Hall y Okali 1979). Algunas especies reflejan la intensidad del uso anterior del terreno, otras la calidad del suelo. Pequeñas diferencias en el ambiente original, observadas en Surinam (tales como el relieve cóncavo), causan una divergencia extraordinaria en la sucesión (Boerboom 1974). Estudios en las zonas muy húmedas de Mindanao, Filipinas, por otro lado, llegan a la conclusión de que también existen muchas variables ambientales no correlacionadas con la vegetación (Kellman 1970).

La sucesión generalmente comienza con especies que, aunque no son comunes en un bosque estable, colonizan los claros o aperturas principales (Fig. 4-5). Cuatro características afines a tales especies contribuyen a su éxito durante la sucesión forestal (Bormann y Likens 1981): 1) gran cantidad de semillas viables latentes en el piso forestal; 2) germinación exacerbada por una perturbación; 3) crecimiento rápido en altura; 4) reproducción relativamente rápida y restablecimiento del banco de semillas latentes.

Algunas especies pioneras juegan un papel tan bien definido, que a pesar que el 50% o más de las semillas es capaz de germinar a la luz, ninguna germina a la sombra (Vázquez-Yanes 1976). Los siguientes géneros

de especies arbóreas tropicales pertenecen a esta categoría: *Cecropia*, *Clidemia*, *Myriocarpa*, *Solanum*, *Trema* y *Urera*. Algunas especies del género *Piper* son comunes en los bosques secundarios, donde requieren luz para germinar, al contrario de las especies que se encuentran en los bosques primarios.

Las especies pioneras que forman parte de las etapas iniciales de la sucesión demuestran estar especialmente adaptadas. Muchas dependen de, e inmovilizan un gran flujo de nutrientes, como los que resultan de los residuos de la tala. *Trema*, un género pionero de los bosques talados de Malasia (ahora también presente en el neotrópico), crece muy mal en suelos degradados, aparentemente porque requiere de muchos nutrientes (Wyatt-Smith 1949c). Posiblemente por esa misma razón, *Musanga* en Malasia (al igual que *Cecropia* en América), brota de manera abundante después de la tala, pero es menos común después de un período de cultivos agrícolas (Baur 1964b). En Nigeria, *Musanga* todavía aparece después del primer año de cultivo, pero es menos abundante después de dos años (Lamb 1940).

El crecimiento rápido de las especies pioneras podría no deberse simplemente a la eficacia con que convierten energía o producen materia seca. En el caso de *M. cecropioides*, ese tipo de crecimiento se debe a su capacidad ilimitada de alargar los nódulos, a su producción de hojas y a su patrón de ramificación eficaz (Coombe y Hadfield 1962).

Los bosques pioneros de clima húmedo pueden ser capaces de dominar el pasto, pero no los árboles que emergen bajo ellos. Un ejemplo se ha observado en Malasia, donde las especies *Mallotus* y *Macaranga* forman un dosel alto rápidamente, capaz de suprimir al pasto conocido como *Imperata*, pero no a las especies leñosas (Wyatt-Smith 1949c). El dosel ligero de la mayoría de las especies pioneras favorece la regeneración y el crecimiento de especies sucesoras, aunque en Sabah, *Anthocephalus* es capaz de suprimir a las especies dipterocarpaceas (Meijer 1970).

Las especies arbóreas pioneras generalmente no son de larga vida. Una especie de *Trema* en Malasia comúnmente vive sólo dos años (Wyatt-Smith 1949c). Muchos árboles pioneros en el Brasil declinan entre los 10 y 15 años (Weidelt 1969). *Cecropias* de más de 25 años de edad son raras y decadentes. En Sabah, sólo una especie pionera, *Anthocephalus*, es capaz de alcanzar los 40 años (Meijer 1970).

La sucesión es progresiva: las condiciones iniciales que favorecen a las especies pioneras gradualmente desaparecen. En las etapas iniciales, las altas tasas de reproducción y crecimiento tienen éxito; luego, con el aumento de la biomasa, el ecosistema se caracteriza por una mayor competencia interna (Odum 1969).

La transición que ocurre durante la sucesión del bosque tropical se ilustra con las observaciones de Aubreville (1948) en lo que hoy es la República del África Central. En un bosque primario sin *Musanga*, había, sin embargo, 125 semillas de esa especie por metro cuadrado en el piso forestal. Al ser liberadas, germinaron y crecieron rápidamente durante 10 años hasta alcanzar una altura de 20 m. Luego aparecieron debajo de ellas, ciertas especies del estrato inferior de un bosque primario, y más tarde, un segundo grupo de especies de madera blanda, exigentes de luz, las cuales sobrepasaron a *Musanga*. Finalmente, árboles tolerantes del bosque primario crecieron a través de esa vegetación secundaria, mientras que un sotobosque de bosque primario se formaba por debajo.

En las etapas iniciales de la sucesión, el bosque secundario aparentemente pone más énfasis en el crecimiento de las hojas y luego de troncos y raíces (Ewel 1971). En un aclareo de un bosque muy húmedo en Panamá, el mayor crecimiento de la biomasa foliar ocurrió durante los primeros dos años, mientras que el mayor crecimiento del tronco ocurrió entre el tercer y cuarto año y el las raíces entre el quinto y sexto año (Cuadro 4-3).

Un aumento en la cantidad de especies arbóreas es característico de un bosque sucesional, a menos que queden rebrotes del bosque anterior. Durante un período de 11 años en un bosque secundario de Costa Rica, la cantidad de especies arborescentes aumentó de 10 a 54 (Fournier y Herrera de Fournier 1977).

La tasa de sucesión es la rapidez con que el bosque secundario alcanza la estabilidad. Los criterios incluyen: niveles de materia orgánica y nutrientes en el suelo, densidad del dosel, área basal y volumen o biomasa. Un bosque secundario de Surinam, surgido después de la deforestación y eliminación o quema de los detritos, alcanzó en siete años, del 40 al 70% del área basal del bosque primario (Boerboom 1974).

Especies de árboles de crecimiento rápido y de madera blanda siguieron a la vegetación herbácea al segundo

año después de haberse cambiado el cultivo en las tierras bajas de Guatemala (Snedaker 1970). A medida que estas especies maduraban, fueron reemplazadas lentamente por especies de madera más densa. Como resultado del incremento diamétrico, después del primer año se percibió un aumento en la biomasa aérea; no hubo ningún cambio aparente en la biomasa foliar durante los primeros diez años de la sucesión. A partir del tercer año, la transmisión de luz había declinado al 5,4%, donde se mantuvo los siguientes 11 años. A los 14 años, la interceptación de la precipitación era la que se muestra en el Cuadro 4-4.

La recuperación del suelo bajo un bosque secundario es probablemente una medida de su progreso hacia el estado estable tan buena como las características de la vegetación. Una medida bruta es el aumento de la porosidad del suelo a medida que el bosque se desarrolla. Como resultado de la reforestación en un bosque pluvial de Nigeria, la densidad del suelo aumentó a más de la del bosque maduro, pero en diez años había bajado de nuevo al nivel inicial (Cuadro 4-5). Después del aclareo, la capacidad de retener agua disminuyó un 35%, pero un tercio de esa pérdida se recuperó en diez años; asimismo, el contenido de materia orgánica en los primeros 10 cm del suelo se redujo en más de la mitad, pero el 60% se había recuperado a los diez años.

En los bosques muy húmedos de Colombia, pérdidas de N sobre y bajo el suelo debidas a la deforestación (aproximadamente entre 1300 y 1400 kg/ha), se recuperaron mediante la fijación de N a razón de 100 a 150 kg/ha/año (Salas y Folster 1976). Se predijo que las pérdidas de K, Ca y Mg quizás se recuperarían en 20 años o menos.

En el bosque húmedo de tierras bajas al este de Guatemala, se descubrió que la acumulación de la hojarasca bajo el bosque secundario había alcanzado la mitad de la de un bosque estable en menos de un año (Ewel 1968). La contribución de materia orgánica a los 11 años excedía la del bosque estable; a los 21 años había alcanzado su punto máximo, y después de 30 - 35 años había retornado al nivel del bosque maduro. La materia orgánica acumulada en el suelo alcanzó la tasa del bosque maduro en los primeros tres a cinco años del barbecho (bosque secundario) para luego aumentar. La recuperación de N aumentó con la edad, pero nunca fue mayor que la del bosque maduro. La recuperación de fósforo aumentó con la producción de la hojarasca,

Cuadro 4-3.—Distribución del crecimiento de la biomasa en un bosque tropical secundario en Panamá (t/ha/año)

Unidad de biomasa	Intervalo de años		
	0-2 años	2-4 años	4-6 años
Hojas, flores y frutos	1.8	1.2	0.3
Fuste	4.7	11.3	2.0
Raíces	1.3	1.0	4.8
Total biomasa viva	7.8	13.5	7.1
Hojarasca	2.3	.6	.2
Total	10.1	14.1	7.3

Fuente: Ewel 1971.

alcanzando la mitad del nivel de bosque maduro en cinco semanas. Debido a las grandes cantidades acumuladas de Ca y Mg, las contribuciones de estos nutrimentos en un bosque secundario joven pueden ser insignificantes y no claramente relacionadas con la edad del bosque. En un estudio subsiguiente, la hojarasca aumentó a razón de 10 t/ha/año hasta el año 14, momento en que igualó al bosque maduro (Ewel 1976). Las causas aparentes del aumento fueron una mayor cantidad de especies deciduas y el cambio de especies. Este estudio demostró que el contenido de nutrimentos (N, P, K, Ca y Mg) de la hojarasca durante los primeros seis años fue igual al de un bosque maduro.

Los bosques secundarios acumulan materia orgánica rápidamente cuando están en barbecho entre períodos de cultivos migratorios (Ewel 1968). Los estudios efectuados en Guatemala muestran que el rendimiento de N es relativamente constante y que cantidades

Cuadro 4-4.—Interceptación de la precipitación en un bosque secundario de 14 años en Guatemala

Precipitación (cm)	Interceptación (%)
0.20	40
.40	20
.85	17

Fuente: Snedaker 1970.

moderadas se pueden acumular en la nueva hojarasca muy rápidamente; Ewel supuso que ese aumento constituye el beneficio principal del barbecho para el cultivo siguiente. El aumento de P está estrechamente relacionado con la producción de hojarasca; más del 75% del P almacenado en la hojarasca en el momento de la tala, todavía está presente seis meses después. Los niveles de K, Ca, y Mg no están claramente relacionados con la edad del barbecho: K se recicla rápidamente, con poca o ninguna acumulación, y Ca y Mg permanecen almacenados en forma relativamente estable.

El destino de las especies madereras en los bosques sucesionales es de interés especial. El resultado natural de la sucesión es mucha biomasa relacionada con la productividad, mientras que para los productores el interés se centra en una alta productividad por unidad de biomasa (Odum 1969). Bajo circunstancias favorables, las especies madereras pueden regenerarse después de la tala. En la Reserva de Gambari, Nigeria, en una parcela talada para sacar madera y leña, la cantidad de plántulas de especies útiles aumentó en cuatro años de 4 a 38/ha, mientras que la cantidad de brinzales aumentó de 2 a 47/ha. (Mallam 1953). Muchas de las plántulas provenían de semillas que habían germinado después de la tala.

Las especies madereras que son de carácter sucesional, adaptadas sólo para una función sucesional intermedia, pueden ser expulsadas por la sucesión natural antes de madurar. Especies útiles (pero parte de una serie ecológica) de géneros tales como *Ceiba*, *Terminalia* y *Triplochiton* ya declinaban en un bosque pluvial secundario de 14 años en Nigeria (Keay 1963); su crecimiento bajo el dosel era lento. Las especies del dosel, por el contrario, mantenían o aumentaban su crecimiento. Esto permitió llegar a la conclusión de que el bosque secundario sin tratamiento silvicultural produce poca madera útil.

El ambiente requerido para la producción

La importancia de los bosques secundarios para la sociedad humana de los trópicos es tradicional. Durante milenios, los agricultores tropicales han dependido de los bosques secundarios en barbecho para restaurar la productividad de terrenos agotados por los cultivos. Un ejemplo clásico se ve en los manglares de Papúa-Nueva Guinea (Gray 1960): los árboles dan leña y madera para construir albergues y canoas; las palmas adyacentes (sagú) proporcionan fécula; la proteína viene de la vida marina que depende del manglar. La dependencia humana de los bosques, menos directamente pero de forma igualmente significativa, se nota en: 1) las necesidades de agua para uso urbano y productos madereros para uso industrial, cuyo abastecimiento proviene de cuencas boscosas; 2) la agricultura irrigada depende de un suministro continuo de agua libre de sedimentos; 3) las economías nacionales dependen de la exportación de productos madereros (o tratan de evitar su importación).

Percepciones generales. Producir madera útil en los bosques secundarios del trópico tiene sus ventajas, pero también sus costos. El empleo creado, enteramente rural y poco capacitado se adapta bien a las necesidades sociales. Sin embargo, los rendimientos esperados podrían ser a largo plazo, muy dispersos geográficamente y todavía muy inciertos. Las desventajas comunes de la producción de árboles estriban en el largo plazo del proceso, en comparación con cualquier otro y con el hecho de que tal producción es poco compatible con la práctica agrícola del barbecho.

La apariencia superficial de los bosques tropicales secundarios, con pocos árboles grandes y derechos de especies comerciales, sugiere que económicamente casi no tienen valor y merecen poca o ninguna inversión para el manejo. El área de los bosques tropicales

Cuadro 4-5.—Restauración de la porosidad del suelo en un bosque secundario de Nigeria

Edad del bosque	Densidad de la masa (g/cm ²)	Porosidad total (%)	Capacidad de retención de agua (%)
1 años	1.19 ± 0.01	54.4 ± 1.0	36.4 ± 0.6
10 años	0.98 ± 0.02	63.0 ± 0.8	46.5 ± 1.2
Mature	0.98 ± 0.01	63.2 ± 0.3	56.3 ± 2.1

Fuente: Aweto 1981b.

potencialmente productivos, manejada en 1980, fue insignificante (Cuadro 4-6). Un informe posterior indica que la superficie total de bosque húmedo neotropical bajo manejo sostenible era de 75 000 ha, todas ellas en Trinidad (Poore *et al.* 1989). Sin embargo, cuando tales bosques son extensos y con posibilidades de persistir, su potencial social y económico merece una evaluación completa para determinar su capacidad de manejo intensivo.

Leslie (1987a), al evaluar si es deseable un manejo del bosque natural, establece que se debe distinguir claramente entre la viabilidad económica y la financiera. La viabilidad económica incluye todas las ganancias y costos y quizás sea más prometedora que la viabilidad financiera directa, la cual es menos completa. Wyatt-Smith (1987a) concluye que, a pesar que mucha de la madera industrial del futuro se ha de producir en plantaciones forestales, la reserva de bosques naturales constituye una segunda línea de defensa.

Según Nair (1985), los múltiples valores de los bosques tropicales naturales rara vez se utilizan en el manejo. La tendencia general, donde tales valores se reconocen, es segregar el área por tipos de uso y subordinar la mayoría de los usos potenciales de cualquier zona dada.

A pesar de la opinión generalizada de que los bosques talados y de barbecho tienen poco potencial, algunos creen que tales bosques son prometedores si se empiezan a manejar temprano. Por ejemplo, Plumptre y Earl (1986) piensan que los bosques tropicales son capaces de producir mucho más, sin cambiar su naturaleza esencial ni su capacidad de albergar la fauna forestal. En su opinión, si estos bosques se dejan sin tratamiento después de la extracción, se los condena a

una inevitable y lenta degradación. Pero si se desarrollan pequeñas industrias forestales y se aplican tratamientos silviculturales apropiados, se podría generar ganancias; particularmente si se reconocen los beneficios no madereros del bosque. El conocimiento de los bosques tropicales secundarios no está en su infancia. Durante más de un siglo, se ha obtenido mucha información sobre estos bosques y su cultivo. Ya en 1880, se refinaron miles de hectáreas de bosques naturales en el sureste asiático. En la primera década de este siglo, se desarrolló el manejo de los manglares en lo que hoy es Malasia, y un sistema de “tallar con reservas” se aplicó en los bosques de la India, para producir postes, leña y forraje. Las pruebas de regeneración natural a gran escala se iniciaron en Nigeria.

En la década de 1920, se documentó una gran mortalidad inicial de la regeneración natural en bosques tropicales en lo que hoy es Sri Lanka. Además, en la India surgieron problemas relacionados con los límites de las circunferencias de los árboles, en términos de regeneración poco confiable.

En la década de 1930, se comenzaron las pruebas del sistema de dosel protector, en lo que hoy es Malasia. En la India se descubrió que el talado del estrato inferior no inducía la regeneración adecuada de las pocas especies que entonces se deseaban. Se comprobó que las especies pioneras, tales como *Musanga*, eran valiosas como árboles protectores de especies más jóvenes, en lo que hoy es Malasia.

En la década de 1940, se comprobó que las especies pioneras son de vida corta, y que se debe seguir la sucesión natural del bosque en el tratamiento del rodal.

En la década de 1950, se descubrió el nivel de nutrientes almacenados en los bosques de barbecho

Cuadro 4-6.—Estado de manejo de los bosques tropicales cerrados en 1980			
Región	Área potencialmente productiva (miles km²)	Bajo manejo (miles km²)	Proporción bajo manejo (%)
América tropical	5,217	5	0.1
África tropical	1,630	17	1.1
Asia tropical	2,010	398	19.8
Total	8,857	420	4.7
Fuente: Anón. 1982e.			

en Ghana; en Nigeria se obtuvo una completa recuperación de un sitio forestal en sólo 14 años, y se documentó la rapidez con que las especies de árboles útiles retornan a los bosques secundarios. En Malasia se desarrolló el Sistema Uniforme Malayo y la técnica del muestreo diagnóstico. En Australia, se encontraron tasas de crecimiento significativas de especies deseables, aún en bosques sin tratamiento. En Brunei, se llegó a la conclusión de que simplificar la composición natural del bosque no impide que se obtengan rendimientos sostenibles. El sistema de selección se aplicó en Filipinas; pero en Uganda resultó inadecuado por daños causados por la tala y el crecimiento lento. Sin embargo, se descubrió que la mayoría de los árboles seleccionados y tratados sobrevivieron y que sólo se necesitaban unos pocos para obtener una densidad total.

En la década de los 1960, se descubrió que con sólo un mayor cuidado los daños de la extracción en Nigeria se podían reducir significativamente. Se desarrollaron técnicas dinámicas de muestreo en Uganda. Se determinaron los rendimientos posibles de muchas zonas tropicales.

A partir de la década de 1970, se ha generado más información básica en ambos hemisferios. Se ha estudiado la regeneración, comenzando con la fenología del florecimiento hasta la dispersión, almacenamiento y establecimiento de las semillas en el bosque, en relación con la iluminación y otras condiciones. Se ha descubierto que la vegetación misma contiene una alta proporción de nutrimentos. Se ha documentado el reciclaje de los nutrimentos y algunos de los efectos de las intervenciones. Se ha demostrado el papel crítico que juega la fauna en el bienestar de los bosques. Nuevos conocimientos de la interdependencia de la fauna y la flora en los bosques ha iluminado la fragilidad de muchas especies y los efectos que las modificaciones provocan. Se ha demostrado que la conservación de la biodiversidad ha sido crítica para el buen manejo forestal. Ya hay pruebas de que los bosques secundarios contienen un potencial mayor de árboles útiles de lo que hasta ahora se creía. Una amplia variación en las tasas de crecimiento de árboles aparentemente similares sugiere que la liberación podría tener un efecto en el potencial de productividad.

Sin embargo, a pesar del bagaje de conocimientos, el manejo del bosque natural fue abandonado en muchos países durante las décadas de los 1960 y 1970, debido

principalmente a la falta de personal capacitado y de recursos financieros (Masson 1983). Aún el 5% de los bosques tropicales cerrados que se habían clasificado como “bajo manejo para la producción” en su mayoría no se manejaban de forma intensiva.

Los principales acontecimientos ocurridos durante el período 1957-1982, que han afectado el manejo de los bosques tropicales mixtos, son los siguientes (Masson 1983):

- Aumento de la población y deforestación constante para establecer cultivos agrícolas.
- Aumento en la importancia de los bosques para las comunidades rurales.
- Aumento en la demanda de leña y madera industrial, hasta el punto en que el manejo actual no puede abastecer las necesidades.
- Sistemas de explotación que exigen operaciones a gran escala y la extracción de más especies y diámetros menores; el personal forestal se ve incapacitado para controlar el daño e integrar las prácticas silviculturales que se necesitan.
- Contratos de corto plazo con las empresas forestales; no hay incentivos para la productividad a largo plazo.
- Financiamiento público anual, lo que impide la ejecución de prácticas de cultivo forestal a largo plazo.

Aún con el empleo de cortas de selección cuidadosas y tratamientos extensivos de liberación, los rendimientos han sido tan bajos que es difícil convencer a los gobiernos que los beneficios económicos y sociales combinados, incluyendo empleo y divisas, justifican la protección, o aún la preservación de bosques tropicales mixtos.

Los acontecimientos que se dieron en Nigeria ilustran los resultados de esta percepción (Lowe 1984). Las reservas forestales se originaron en 1899, y a mediados de la década de los 1920, ya se estaban efectuando investigaciones silviculturales sistemáticas. Para 1950, se habían tratado 2000 km² con el método de dosel protector. En 1970, se prohibieron las exportaciones de maderas duras, como un intento por favorecer al

La preservación de la estructura natural del bosque presenta problemas prácticos tan difíciles como los que surgen al mantener la composición natural. Un argumento principal a favor de la salvaguarda de los bosques secundarios es que contienen árboles inmaduros de potencial económico, los cuales pueden variar de tamaño desde plántulas hasta árboles casi maduros. Empeños para obtener cosechas económicamente atractivas de árboles grandes a partir de tales bosques todavía no han tenido éxito; por lo tanto, la conversión a bosques con árboles de tamaño uniforme -sin tomar en cuenta el sacrificio de árboles grandes y pequeños- es una práctica general hoy en día.

Los sistemas de manejo policíclico, que mantienen la estructura irregular del bosque mediante varias talas parciales durante la rotación, provocan daños acumulativos, los cuales se consideraron inevitables e intolerables en Uganda y Nigeria (Dawkins 1961b). También, se afirmó que un dosel continuo suprimía a los árboles de cosecha futura en sus primeros años, hasta tal punto en que luego eran incapaces de acelerar su crecimiento. Una desventaja más era el alto costo unitario para cosechar el pequeño volumen producido por unidad de área en las cortas parciales (Philip 1962).

Las talas parciales repetidas han sido criticadas por otras razones. En todos los bosques, los árboles grandes, sean de más edad que los otros o no, son naturalmente exitosos, y por lo tanto quizás sean genotípicamente superiores. La extracción de estos árboles grandes en cada tala deja árboles genéticamente inferiores para las cosechas futuras y como fuente de semillas (Ranganathan 1951). Se consideró que esta tendencia disgénica, si existe, es de carácter progresivo (Palmer 1975). En los bosques secundarios compuestos de árboles que se establecieron más o menos al mismo tiempo, la cosecha de sólo los más grandes podría acentuar ese efecto.

Vanniere (1975) recomendó que los bosques donde los árboles inmaduros sólo constituyen una pequeña fracción del volumen antes de la cosecha, sean convertidos a un manejo monocíclico. Palmer (1975) puso en duda hasta qué punto el daño producido por la extracción se reduciría o podría ser reducido. Su punto de vista está apoyado en observaciones efectuadas en Malasia, donde aún después de haber marcado los árboles para indicar la dirección de caída de cada árbol, el control efectivo fue casi inexistente (Tang y Wadley 1976a, 1976b).

Dawkins (1958b, 1958e, 1961b), con base en sus estudios en Uganda y observaciones en otros lados, puso en duda el manejo policíclico de los bosques tropicales de densidad irregular, como fuente continua de madera de exportación. Según él, varias restricciones limitan el potencial de los bosques de estructura irregular; entre ellas:

- Las cortas se deben repetir a intervalos más cortos que la diferencia entre la rotación de los árboles cosechables de mayor edad y los árboles comerciales jóvenes. Esta restricción limita el rendimiento por corta.
- El ciclo debe ser de menos de 30 años (y preferiblemente menos de 20) para evitar la extracción prematura de troncos en crecimiento.
- El ciclo debe ser suficientemente largo para producir un volumen económicamente cosechable. Si se toma en cuenta la restricción anterior, se evidencia la necesidad de tener especies de crecimiento rápido. Muy pocos bosques naturales altos producen especies deseables con un ritmo de crecimiento superior a 0,4 m³/ha/año.
- Las especies cosechables deben ser tolerantes y capaces de desarrollar una copa que en un comienzo estuvo suprimida. (Los árboles de crecimiento rápido en Uganda no son capaces de ninguna de las dos cosas).
- Para producir 3,5 m³/ha/año, se deben extraer al menos diez árboles por hectárea cada diez años. Una cosecha tal destruirá o dañará del 20 al 25% de los árboles adolescentes y latizales. Los brinzales tendrían que sobrevivir cinco de estas talas para alcanzar la madurez, una expectativa no muy probable.
- Los ciclos más largos significan talas más severas y menos árboles de reemplazo. Con ciclos más cortos, hay menos posibilidades de traslape entre zonas dañadas.
- La tabla del rodal debería ser muy positiva, con un abundante ingreso de brinzales.

Dawkins (1959) concluyó que la alta razón diámetro de copa/dap, necesaria para un crecimiento rápido de los árboles tropicales (>20), requiere un crecimiento inicial

mercado local. En 1980, aunque se había demostrado que los bosques altos naturales podían producir 1 m³/ha/año en rotaciones de 40 años, se consideró que los bosques remanentes eran insuficientes para abastecer las necesidades locales y se plantaron 110 000 ha. Lowe concluyó que después de 50 años de esfuerzos es posible lograr rendimientos sostenibles, pero que todavía no se sabe lo suficiente de la regeneración natural.

Las experiencias del manejo de los bosques naturales indican que donde hay área boscosa suficiente y se aplican tratamientos racionales siempre habrá un lugar para este tipo de bosque (Mergen y Vincent 1987). Sin embargo, se reconoce la importancia de las plantaciones forestales para el suministro futuro de madera, como también otros interrogantes sobre las prácticas silviculturales en diferentes condiciones forestales. Sin embargo, los que han trabajado en materia forestal tienen la impresión de que es posible hacer que los bosques talados rindan mucho más de lo que se ha visto hasta la fecha.

Se han obtenido conclusiones alentadoras sobre el manejo productivo de los bosques pluviales en Queensland, Australia (Anón. 1983c). Se descubrió que la extracción selectiva es compatible con el manejo de uso múltiple. Después de la tala hubo un fuerte impulso en el crecimiento. Ciclos de corta de 40 a 50 años son sostenibles. Un aprovechamiento de intensidad normal no aumenta la pérdida de especies. El impacto visual de la extracción es de corta duración. El potencial de la regeneración era excelente.

En el pasado, los tratamientos silviculturales se basaron en el ensayo y error, el cual arrojó luz sobre la complejidad de tales bosques y la necesidad de más información técnica. Se han abandonado prácticas silviculturales de amplio uso anteriormente. Al comienzo, el temor a alejarse de la naturaleza produjo tratamientos tan conservadores que se logró muy poco en acelerar el crecimiento. Los grandes claros necesarios para estimular el crecimiento de árboles deseables en Surinam, por ejemplo, también estimularon el crecimiento de especies competidoras (Anón. 1959j). En Uganda, se aplicaron tratamientos audaces, pero no se lograron los resultados esperados, lo que sugiere que los árboles no respondían al tratamiento por haber sufrido un largo período de supresión (Dawkins 1963b). Descubrir que la respuesta a la liberación es mayor en árboles pequeños sugirió

que la tasa de crecimiento es 'jerárquica', y que se establece a una edad temprana y dura toda la vida (Lowe 1966). Eso explicaría en parte, lo difícil que es elegir con anticipación los árboles de crecimiento rápido, con base en su apariencia externa.

Los tratamientos silviculturales en bosques secundarios aceleran el crecimiento, pero un sólo tratamiento no asegura un rendimiento sostenido. Los tratamientos iniciales, generalmente llamados "cortas de mejoramiento", se consideran provisionales pues el objetivo principal es usar todas las existencias disponibles (Troup 1921). Aunque es de esperar que la secuencia de tratamientos aumente la proporción de árboles semilleros de especies deseables, y que periódicamente se abra el dosel lo suficiente para inducir la regeneración, todavía no existen pruebas que un proceso tal genere cosechas a futuro. Por consiguiente, los empeños debieran concentrarse en criar árboles de calidad superior en plantaciones, y en aumentar la productividad de estas.

Al refinar los bosques secundarios tropicales, los forestales eligen árboles de cosecha futura según su posibilidad comercial, su tamaño actual en relación con el de madurez, su forma, ausencia de lesiones y salud aparente. Aún cuando muchas especies quizás sean aceptables para productos futuros, el manejo tiende a reducir la cantidad de especies, favoreciendo siempre a las que se consideran mejores. Un resultado extremo sería reducir la diversidad forestal a rodales casi puros en ciertas regiones. Esto quizás termine por eliminar todas las especies adaptadas a ciertos micrositios, a los que otras especies más deseables quizás no se puedan adaptar. Por ello, se necesita una diversidad mayor que la necesaria para lograr una productividad máxima, con el fin de preservar el sitio y asegurar el bienestar del bosque. Donde no hay información disponible, la silvicultura debe ser de carácter provisional y modificar los rodales de forma cautelosa y gradual.

Las conclusiones de Wyatt-Smith (1987b) apoyan el manejo de bosques tropicales secundarios para la producción de madera. Declara que las plantaciones no se deben considerar como alternativas a los bosques húmedos tropicales, porque los productos que rinden son distintos. Pocas maderas de alta calidad, la teca como excepción, crecen bien en plantaciones. Por otra parte, las maderas mixtas para uso industrial provenientes de los bosques tropicales húmedos son muy inferiores al producto uniforme de las

plantaciones. Por consiguiente, se recomienda un manejo de rendimiento sostenido que abarque las extensiones más grandes posibles de bosques tropicales húmedos.

Wyatt-Smith piensa, además, que el uso cada vez mayor de enchapados y madera reconstituída en vez de madera sólida, el uso de tinturas y otros métodos de producir láminas decorativas, el uso de un mayor número de especies (incluso especies anteriormente consideradas malezas), y el desarrollo tecnológico que ha reducido la cantidad de residuos, influyen en las decisiones de los regímenes por aplicar. Sin embargo, afirma, siempre habrá mercado para la madera sólida de primera calidad y de las especies preferidas, el precio de la cual aumentará sustancialmente, por encima de la inflación, debido al suministro cada vez más reducido. Por consiguiente, Wyatt-Smith considera una inversión relativamente libre de riesgos el favorecer especies forestales que se regeneran con facilidad, crecen razonablemente rápido en bosques relativamente puros, son relativamente libres de enfermedades y ataques de insectos, no dañan el sitio y producen madera de buena calidad.

Leslie (1987) concluyó que no era necesario defender el manejo del bosque natural, porque los aspectos económicos en su contra podrían ser erróneos o simplemente por su inherente debilidad teórica y práctica. Lo consideró erróneo porque con las tasas de interés sugeridas en los estudios económicos forestales, el manejo natural de los bosques tropicales mixtos podría ser mejor, desde el punto financiero, que las demás alternativas de uso del suelo o de sistemas de manejo. El manejo natural, concluyó, donde es ecológicamente viable, también es económicamente preferible por sus propios méritos.

La preocupación del público sobre lo factible que es producir cultivos madereros de forma económica resulta en parte de los fracasos del manejo, causados por razones que no son de naturaleza técnica (Schmidt 1987). Las demás causas del fracaso incluyen: propiedades que no están protegidas contra la invasión; el abandono de cultivos porque se dispone de madera ya madura en otras partes; la promesa, a menudo incumplida, de plantaciones de mayores rendimientos; el financiamiento inadecuado o inconsistente y la inestabilidad política.

Complejidad del rodal. Sin intervención silvicultural, la sucesión natural en un bosque talado se aproxima

gradual y lentamente a las características del bosque primario. Si se deja a la naturaleza, los bosques secundarios, en todos menos los sitios más pobres, generalmente llegarán a producir algunos árboles de especies, tamaños y formas comerciales. La velocidad del proceso depende del clima, del suelo y de la severidad y duración de las modificaciones al bosque, además de la proximidad a las fuentes de semillas y de la fauna responsable de su dispersión.

Whitmore (1983), al revisar la sucesión secundaria a partir de semillas en bosques pluviales tropicales, indicó lo complejo que era el proceso y las lagunas de conocimiento existentes. La presencia de semillas de especies pioneras en el piso forestal se reconoce extensamente ahora. Whitmore rechazó la separación de las especies en pioneras y clímax; su visión era la existencia de un gran continuum de un extremo al otro. Las diferencias en el tamaño de los claros forestales, el tiempo que duran, sus causas y su proximidad a las fuentes de semillas, todo influye en el curso de la sucesión. Las perturbaciones producidas por la extracción pueden variar extensamente de un lugar a otro, dejando un mosaico de distintas condiciones para la sucesión subsiguiente.

Aunque la diversidad de los bosques secundarios quizás sea menor que la de los bosques primarios, de todas maneras, la utilización es complicada, excepto en sitios donde la leña es tan escasa que todo material leñoso es aceptable. En otras condiciones, la pequeña cantidad de árboles apropiados para usos específicos que alcanzan un buen tamaño de cosecha, no permite cubrir los costos. En ese caso, los costos silviculturales sólo se pueden amortizar a través de un largo período. Esta situación opera en contra de la diversidad, favoreciendo la simplificación de la composición del bosque y una mayor uniformidad de su estructura, lo que podría acarrear ciertos riesgos para los valores ecológicos.

Un aspecto de la diversidad del bosque que la silvicultura a menudo pasa por alto es el papel esencial que juega en el ecosistema la fauna "consumidora"; particularmente las formas más altas de vida animal. Muchas especies son cazadas aún antes de considerar su papel en la silvicultura; su contribución potencial para la polinización, dispersión de semillas y control de otras formas de vida animal podría ser esencial para la productividad forestal. La contribución de los distintos componentes de la diversidad del bosque requiere no solo mayores estudios sino también que, mientras tanto, se les maneje con cuidado.

El tratamiento silvicultural basado en los conocimientos actuales podría hacer tanto daño como bien a la diversidad, debido a que los resultados no son obvios de manera inmediata. El tratamiento favorece a los árboles que mejor cumplen con los requisitos del mercado futuro, o de probable crecimiento rápido, a expensas de los demás árboles. La liberación que estimula el crecimiento de ciertos árboles seleccionados podría crear suficientes claros en el bosque como para cambiar su composición, impulsándola hacia especies intolerantes. Además, el hecho de eliminar las que parecen especies inútiles, a pesar de lo gradual que sea, podría resultar más tarde ecológica o aún económicamente indeseable.

Los bosques secundarios heterogéneos complican la silvicultura por otras razones. El tratamiento recibido en el pasado varía de un sitio a otro, desde cortas ligeras para extraer los árboles maduros de una especie, hasta aclareos, establecimiento de cultivos, sobrepastoreo y quemas repetidas. Cambios drásticos afectan la calidad del suelo y acentúan variaciones en el sitio, las cuales no son evidentes en los bosques primarios. Los siguientes aspectos deben considerarse para alcanzar un uso sostenible de los bosques húmedos tropicales (Davidson 1985): riqueza de especies, árboles de larga vida, interdependencia entre flora, fauna y habitantes del bosque, ocurrencia de parches de especies, susceptibilidad al agotamiento de los nutrimentos; regeneración incierta.

Los bosques aprovechados generalmente se empobrecen en calidad y cantidad porque solo se cosechan las mejores especies. En ciertos bosques de Filipinas, donde las especies dipterocarpaceas constituían más de la mitad del bosque original, después de la cosecha representaban menos del 20% (Caneda 1963, Nastor 1961).

Los bosques talados generalmente contienen más especies madereras que los bosques de barbecho, pero tienden a ser menos uniformes en cuanto al tamaño de los árboles y la continuidad del dosel. También, podrían tener un estrato superior no productivo. Una variable más de tales bosques es el impacto secundario del daño producido por la extracción, los efectos inmediatos y a largo plazo de lesiones en los árboles. Además, se desconoce la edad de los mejores árboles de futura cosecha, por lo que es difícil determinar su potencial. Por ejemplo, a diferencia de los árboles jóvenes, los

árboles que han estado suprimidos durante mucho tiempo podrían no responder a la liberación.

La presencia de árboles bien formados de especies comerciales en los bosques talados depende mucho de la intensidad del aprovechamiento de madera y del control del daño causado. Rara vez se ha expresado inquietud por el bosque residual durante la extracción de madera en los bosques tropicales, así que es común encontrar daños severos. Tales pérdidas a las cosechas futuras se pueden evitar pues la mayoría de los bosques húmedos primarios tienen un componente significativo de árboles de tamaño inferior al de cosecha. El control del daño producido por la extracción en Filipinas ha logrado salvar cosechas futuras en grandes zonas, lo que justifica su cuidado a futuro (Fox 1967c). Si tales controles fueran aplicados en todo el trópico, se tendrían extensas zonas de densidad adecuada. Comúnmente se subestima el potencial de los cultivos inmaduros en los bosques secundarios porque los brinzales o latizales están tan espaciados que por poco no se ven, pero aún así podrían alcanzar una densidad total una vez que maduran.

Los árboles que quedan después de una tala podrían no sobrevivir si se los deja inatendidos. En un bosque húmedo estudiado en Sabah, ocho años después del aprovechamiento casi todos los arbolitos habían sido ahogados por la maleza (Anón. 1957a). En un bosque de Nigeria, los brinzales de *Khaya grandifoliola* se redujeron de 217 a 22 por hectárea durante el mismo período (Anón. 1965c). Aún los árboles que sobreviven, podrían ser de poca utilidad pues la especie en la madurez es de tamaño pequeño, pobre forma o madera inferior. Esto ocurre donde el aprovechamiento ha extraído todos los árboles buenos o ha deteriorado seriamente el sitio.

Los bosques secundarios de barbecho se estratifican verticalmente; las especies pioneras por encima y las de sucesión más avanzada por debajo. Las especies de las etapas siguientes (las inferiores) generalmente son las de mejor expectativa para la producción de productos madereros tradicionales, ya que tienden a ser más derechas y altas al alcanzar la madurez y producen maderas más densas y versátiles. Durante las etapas iniciales del desarrollo, la cantidad de estos árboles con potencial de cosecha quizás sea demasiado pequeña para justificar el tratamiento silvicultural, aún si ciertas especies que ahora se consideran mediocres, se

aceptaran como posibles cultivos futuros. Sin embargo, los árboles intermedios y subordinados hasta el tamaño de brinzal, quizás constituyan un bosque de buena densidad. Para obtener un bosque tal quizás se justifique la eliminación inmediata o gradual de la mayoría de árboles indeseables del estrato superior, dejando un bosque de árboles con diámetros y plazos de madurez relativamente uniformes.

Silvicultura

La silvicultura se define como la teoría y práctica de controlar el establecimiento, composición, constitución y crecimiento de los bosques (Ford-Robertson 1971). Su práctica se basa en las leyes naturales de la ecología forestal. Aunque la silvicultura tiene un propósito humano, el manejo debe servir a la silvicultura en vez de ser su dueño (Schlich 1925). La intervención silvicultural en los bosques naturales podría modificar el microambiente, el ciclo hidrológico, las propiedades del suelo y la estructura y composición genética de los bosques, a la par que su crecimiento. Con un manejo adecuado, los bosques se modifican de manera controlada, y aún si difieren en buena medida de los bosques naturales, pueden ser más vigorosos y productivos, y libres de lesiones (Smith 1962).

Desde hace tiempo, el equilibrio biológico aparente de los bosques primarios ha intrigado a los forestales, como posible factor clave para obtener rendimientos sostenibles de madera. El bosque natural tratado para producir madera se ubica entre el bosque primario y las plantaciones de manejo intensivo. Por consiguiente, el cultivo de los bosques secundarios quizás no alcance el ideal de los ecólogos, economistas, o aún muchos profesionales forestales. Los ecólogos quizás consideren que es dudoso el carácter sostenible de tales bosques, que son pobres sustitutos como depósitos del germoplasma de los bosques primarios. Los economistas quizás los consideren menos competitivos que otros usos del suelo, y los forestales consideran que los bosques naturales son menos productivos que las plantaciones, al menos a corto plazo, a pesar del tratamiento silvicultural. Los resultados hasta ahora tienden a apoyar estas opiniones.

Un problema fundamental que enfrentan los silvicultores en el manejo del bosque natural es determinar hasta qué punto se debe de mantener el carácter de natural, para sostener los valores ambientales y la productividad del sitio, dado que se

debe de favorecer a los árboles más prometedores a expensas de los demás. Se necesita saber mucho más sobre los bosques naturales, antes de entender y pronosticar todas las consecuencias de la silvicultura en términos de una productividad maderera sostenible.

La productividad de los bosques secundarios depende, por último, de la efectividad con que el especialista puede mantener el sitio, la calidad del suelo y la integridad del ecosistema; plantar zonas no productivas, controlar la competencia y las tasas de crecimiento; evitar daños y cosechar productos (Poore 1968). La restauración de los bosques primarios no es capaz de lograr todas estas metas. Sin embargo, un enfoque cauteloso sería adoptar una orientación hacia la sucesión natural. La retención de un dosel cerrado de estratos múltiples debería reducir los riesgos (Barnard 1954). Los bosques podrían contener una mayor cantidad de especies madereras preferidas, y a la vez conservar una variedad de otras especies en los estratos inferiores que preservan la diversidad. El resultado sería una conciliación entre los requisitos ecológicos y económicos.

Dejar la estructura del bosque natural con árboles de todos los tamaños para favorecer una práctica monocíclica (un período de cosecha por rotación) es desviarse del proceso natural; este hecho ha preocupado a los forestales durante largo tiempo. En 1951, la Octava Conferencia Silvicultural de la India advirtió que desviarse de las cortas de selección (con varias cosechas ligeras por rotación) arrastra el serio riesgo de perturbar los delicados equilibrios ecológicos, en detrimento de los intereses a largo plazo (Rosayro 1952). Todavía se está discutiendo si para lograr rendimientos sostenibles se debe restaurar y perpetuar la estructura de los bosques no modificados (Leslie 1977).

La experiencia en Sarawak sugiere que no es esencial tener una estructura extremadamente compleja y diferenciada, ni una composición semejante a la del bosque primario para mantener sitios y bosques sanos (Brunig 1967). Los bosques secundarios cuya estructura es más simple y cuyo volumen de madera es mayor no necesariamente ponen en peligro la estabilidad y el bienestar del ecosistema; de hecho, en algunos casos constituyen claramente una mejora. Estas inquietudes nunca han preocupado al agricultor, cuyos cultivos crecen de la manera menos natural imaginable (Laurie 1941g).

Los forestales también han expresado inquietud por las consecuencias de los tratamientos que reducen la diversidad del bosque. Sin embargo, cuanto más compleja la mezcla y más desigual el dosel, tanto más difícil es la producción económica de madera (Wilkinson 1960). Se ha puesto en duda la preferencia ciega por las especies nativas, pues muchas de ellas son de pobre actuación en lugares propios de su distribución natural. Tampoco es razonable desechar especies exóticas, cuya expansión ha sido impedida por otros obstáculos, diferentes de su adaptabilidad biológica (Peace 1961).

Quizás sería deseable mantener alguna mezcla natural, aún a expensas del rendimiento, pues la pérdida de diversidad puede afectar la estabilidad (Odum 1969). Un buen nivel de diversidad quizás también se vea favorecido por los mercados potenciales para una mayor cantidad de especies en crecimiento. El manejo quizás se beneficie más al intensificar el tratamiento y comercialización de productos, en vez de eliminar árboles que no son comerciales en la actualidad (Synnott 1979). La experiencia en la Amazonía ha conducido a la aceptación de especies comunes de segunda clase, fáciles de regenerar (como *Goupia glabra*), en vez de especies de primera clase (como *Cedrela odorata*), cuya regeneración es difícil. El principio es de seguir a la naturaleza, quizás para guiarla, pero no para darle órdenes (Pitt 1961a).

El refinamiento silvicultural de los bosques favorece a los árboles más prometedores, a expensas de los otros, con lo que gradualmente se reduce la representación de las demás especies. Debido a que las consecuencias ecológicas son generalmente inciertas, un régimen cauteloso sería mantener las especies menos usadas de buena apariencia, al menos hasta que el papel que juegan se entienda mejor, además de los árboles del estrato inferior y las especies oportunistas, que aparentemente interfieren muy poco en la producción de la cosecha.

Aún con todas estas precauciones, quizás no se obtenga un rendimiento sostenido. Las especies favorecidas podrían no utilizar el suelo completamente; o atrapar nutrimentos de forma inadecuada. Por sí solas, podrían no sostener una fauna esencial para la polinización, dispersión de semillas o control de plagas. Sólo un monitoreo continuo permitiría determinar la sostenibilidad de tales desvíos. En última instancia, podría ser necesario hacer ajustes.

Los barbechos cubren grandes extensiones, accesibles y aparentemente manejables. El sistema de cultivo/barbecho persistirá en sitios donde el cultivo continuo no es factible. Como barbecho, un bosque secundario sin manejar puede restaurar el suelo para un nuevo cultivo antes que los árboles (a excepción de los de crecimiento excepcionalmente rápido) hayan madurado como para ser utilizados para otros productos, aparte de postes o leña. Estudios efectuados en Guatemala y Nigeria han demostrado que, mediante el barbecho, el material orgánico del suelo se puede restaurar al del nivel de un bosque maduro en un período de tres a diez años (Aweto 1981a; 1981b; Ewel 1981; Machado 1977). Bajo tales circunstancias, los cultivos de madera a corto plazo y de valor para las comunidades rurales, quizás maduren dentro del ciclo del barbecho.

La aplicación de fertilizantes debería aumentar la producción de cultivos alimenticios, reduciendo de tal modo la presión sobre los bosques en barbecho y los efectos adversos consiguientes sobre los recursos suelo y agua. Bajo ciertas condiciones, los fertilizantes aumentan los rendimientos de los cultivos tropicales hasta cinco veces, a una razón beneficio/ costo de 3 (Gutschick 1978). El aumento en el rendimiento que se logra con los fertilizantes permite alargar los períodos de barbecho reduciendo la zona cultivada, o alargando los períodos de cultivo, o ambos. Sin embargo, ya que el fertilizante generalmente se debe importar, su uso extensivo es política o económicamente poco factible, en detrimento aún de la experimentación. A pesar de estas desventajas, las importaciones de fertilizante crudo en América tropical aumentaron de valor entre 1987 y 1992 a una tasa anual compuesta de 16,6% (Anón. 1993b). La importación de alimentos debería costar más que la importación del fertilizante que los produce; sin embargo, las importaciones de alimentos en el neotrópico aumentaron a una tasa compuesta del 12,7% entre 1987 y 1992 (Anón. 1993b).

Objetivos estructurales. La estructura de un bosque es la representación de los árboles en términos de edad, tamaño, copa u otras clasificaciones. Constituye la consideración básica para un manejo orientado hacia la cantidad, calidad y continuidad de los rendimientos. La estructura óptima para la producción de madera en los bosques secundarios, sin duda varía con la ubicación y el cultivo. La tala generalmente está controlada por estipulaciones de lo que se puede extraer, en vez de lo que debe quedar. Comúnmente la tala se prescribe en términos de un diámetro mínimo de corta, suponiendo

que la próxima cosecha se desarrollará a partir de los árboles que quedan. La estructura del bosque residual se modifica aún más por los daños que la cosecha provoca. Rara vez cuando se planea una tala se considera la estructura óptima que el bosque residual debería tener para su futura productividad. Los manejadores de bosques generalmente tampoco están tan bien financiados como para comprometerse a efectuar tratamientos después de una extracción para beneficiar a la cosecha siguiente.

Los objetivos relacionados con la estructura de un bosque establecen el grado de uniformidad del bosque a futuro y la intensidad de las talas, por lo que son, entonces, de importancia ecológica y silvicultural.

La estructura de los bosques secundarios húmedos tropicales es irregular, pero los bosques primarios húmedos son tan uniformes en estructura que una sola tabla de rodal de bosque pan-tropical representa a muchos bosques (Cuadro 4-7). La última columna del Cuadro 4-7 ilustra la estructura "positiva" de los bosques comunes, según el cociente de Liocourt (Sammi 1961). Si la tasa logarítmica de aumento en el número de árboles aumenta constantemente a menores diámetros a la altura del pecho, parecería que los reemplazos para cubrir las pérdidas causadas por la mortalidad son uniformemente adecuados para todas las clases de tamaños por debajo del diámetro mínimo de corta de 60 cm. La estructura positiva ilustrada tiene un cociente mayor entre los árboles más pequeños (0,39) que entre los más grandes (0,17), lo que indica aparentemente, que hay una abundancia de árboles de tamaños pequeños para cubrir las necesidades de reemplazos.

Una estructura que abarca "todos los tamaños" sugiere que los bosques tropicales no perturbados también son de "todas las edades", suponiendo que el tamaño y la edad de los árboles están directamente relacionados. Sin embargo, el hecho de que la mayoría de árboles grandes son viejos no significa que la mayoría de los árboles pequeños son jóvenes.

Ya hace tiempo se reconoció que los bosques secundarios preservan parte de la diversidad considerada esencial para la preservación de la productividad del sitio (Barnard 1954). Se había supuesto que una cantidad mínima de especies arbóreas era todo lo que se necesitaba para mantener los valores ambientales. Más recientemente, se reconoció que una

productividad sostenible del bosque requiere un ciclo equilibrado de nutrientes, que en el bosque natural tiene que ver con una diversidad de fisionomías, niveles tróficos, formas de vida y composiciones (Brunig *et al.* 1975).

Meyer (1956) resumió lo importante que es contar con rodales irregulares (de todos los tamaños) para el manejo forestal. Para manejar estos bosques de manera sostenible se requiere una distribución equilibrada de los árboles por dap. Este equilibrio se puede expresar mediante la curva de Liocourt, con un cociente constante de aumento en el número de árboles en las clases de dap sucesivamente más pequeñas. Se esperaba que si se cosechan o eliminan sucesivamente los árboles por encima de una curva paralela inferior, y se deja un tiempo adecuado para el crecimiento entre las talas, se lograría producir madera madura, liberar árboles inmaduros y fomentar la regeneración, para sí alcanzar el equilibrio necesario para mantener los rendimientos sostenibles del futuro. Se descubrió que se podía aplicar esta técnica a los bosques de *Shorea robusta* en la India, pero se tuvo que usar un cociente distinto entre clases diamétricas adyacentes, bajo distintas condiciones (Mathauda 1960).

Un debate entre los que favorecían rodales irregulares y los que propugnaban por rodales uniformes se propagó activamente en la India entre 1930 y 1940, y todavía quedan resagos. Los rodales irregulares se consideran más eficientes, ya que es posible hacer un mejor uso del sitio con la estratificación vertical, resultando en una mayor cantidad de árboles grandes (Bourne 1935). Champion (1936c) estuvo de acuerdo con la teoría de la mayor eficiencia, pero no vio la ventaja de convertir bosques regulares en bosques irregulares. Indicó que la teca (*Tectona grandis*) pierde su buena forma en rodales irregulares, y también previó problemas con la reproducción. Sagreiya (1941) no estuvo de acuerdo con Bourne, en cuanto a que el área basal mayor en los bosques irregulares proviene de árboles grandes y maduros, aunque aceptó la irregularidad para la teca y en zonas de poca densidad. Afirmó, además, que los bosques irregulares producen madera de fibra más uniforme.

Laurie (1941b) urgió a que se conservaran las densidades irregulares hasta que las investigaciones permitieran apreciarlas debidamente. Reconoció la ventaja de ganar espacio y cosechar los tamaños correctos; recomendó que en vez de convertir un

Cuadro 4–7.—Tabla del rodal pantropical para bosques tropicales húmedos

Dap (cm)	No. de árboles por hectárea		Logaritmo de árboles por clase	Diferencia en logaritmos
	Por clase	Acumulativo ascendente		
10	242.0	431.1	2.38	
20	97.0	189.1	1.99	0.39
30	40.0	92.1	1.60	.39
40	19.0	52.1	1.28	.32
50	11.0	33.1	1.04	.24
60	6.8	22.1	.83	.21
70	4.6	15.3	.66	.17
80	3.3	10.7	.52	.14
90	2.3	7.4	.36	.16
100	1.5	5.1	.18	.18
>100	3.6	3.6		

Fuente: Dawkins 1959, Leak 1963.

bosque a la uniformidad, era más conveniente manejarlo como bosque irregular, siempre que fuese posible. Davis (1941) resumió el debate de aquel tiempo indicando que la mejor manera de proceder era mantener la flexibilidad, y que la uniformidad se debía considerar sólo cuando las densidades eran adecuadas como para permitir la escogencia entre alternativas.

El manejo de grandes zonas de bosques naturales con densidades irregulares continuó durante largo tiempo. El sistema usado en Sri Lanka en 1955, fue un diámetro mínimo de corta de 50 cm con ciclos de diez años (Rosayro 1955). Se aplicaron prácticas de manejo como desyerba de brinzales y liberación de latizales para mantener las densidades en crecimiento. En Ghana, 12 años de pruebas con sistemas uniformes demostraron que su aplicación no era universal (Foggie 1957). Se llegó a la conclusión de que lo mejor era el manejo de un bosque irregular. Diez años más tarde, las densidades irregulares todavía se consideraban idóneas donde había especies muy deseables. La técnica operó

bajo un ciclo de tala de 20 a 30 años, con un raleo en medio del ciclo (Osafo 1970). Se han usado esquemas de manejo irregular en Malasia, Nigeria y Queensland, Australia, y en menor escala, en Trinidad y Puerto Rico (Baur 1964a).

Los forestales de la India practicaban en 1959 una forma de manejo selectivo. Generalmente, usaban diámetros mínimos de control en ciclos de 20 a 30 años, pero las intensidades de las prácticas variaban enormemente (Stracey 1959). Pensaban que si evitaban las talas severas, se lograría preservar el carácter del bosque; según Stracey, esta malinterpretación se diseminó ampliamente. La conclusión de Stracey fue que la selección de árboles cosechables, seguida por la tala y anillamiento para establecer la regeneración —el procedimiento común— produciría un bosque de edad uniforme. Su recomendación fue que se efectuaran prácticas silviculturales muy controladas, la conservación de algunas especies menos valiosas, especialmente las tolerantes, y un período de transición más largo para la conversión.

de la copa, y por lo tanto, ausencia de supresión. Sus registros indicaron que se necesitan de 30 a 90 años para alcanzar un dap de 60 cm, y de 40 y 120 años para llegar a 80 cm, y que el crecimiento más rápido se da en bosques con un área basal de 18 m²/ha o menos, y el más lento en bosques con un área basal de 25 m²/ha o más. Sin embargo, ningún árbol del África es capaz de alcanzar 80 cm en menos de 80 años, si crece debajo o al lado de árboles de una generación mayor. Por consiguiente, a menos que se reduzcan las rotaciones a 40 - 50 años, o el daño de aprovechamiento a mucho menos de 0,01 ha por árbol talado, Dawkins (1958b) no ve posibilidades de rendimientos sostenibles de más de 1,4 m³/ha/año para maderas de exportación. Los rendimientos, sin embargo, se podrían duplicar donde existe un mercado para árboles de tamaño intermedio.

Estas restricciones hicieron que Dawkins fomentara sistemas monocíclicos en sitios donde no hay problemas con los daños causados por la tala y donde la supresión inicial no afecta la productividad. Sin embargo, se requiere todavía una curva positiva del bosque; rendimientos de 4,3 m³/ha/año son posibles con un buen manejo y mercados favorables.

Nicholson (1965b) puso en duda la conclusión de Dawkins de que los árboles suprimidos durante largo tiempo son moribundos. Presentó datos de Sabah donde se demostró que el crecimiento se aceleró un año después del aprovechamiento (Cuadro 4-8), y se mantenía en el momento de las mediciones.

Selección policíclica. Aunque el razonamiento de Dawkins parece fundamental, todavía no ha resuelto el asunto de la densidad. Algunos continúan favoreciendo las densidades irregulares como de carácter ecológicamente conservador; otros ponen en duda la aplicabilidad de los descubrimientos hechos en Uganda. Pero no se ha encontrado ninguna evidencia capaz de desafiar los rendimientos modestos que Dawkins había pronosticado, con excepción de mejores mercados para árboles más pequeños, una eventualidad que él ya había previsto.

La experiencia en Uganda sobre la conversión de densidades irregulares a uniformes puso sobre el tapete varios asuntos (Philip 1962):

- Se necesitan un muestreo diagnóstico que revele no sólo la cantidad de árboles de cosecha futura sino

Cuadro 4-8.—Aceleración del crecimiento después del aprovechamiento en Sabah (cm)

Clase diamétrica	Crecimiento diamétrico medio anual	
	Antes del aprovechamiento	Un año después del aprovechamiento
5–15	0.28	0.87
15–25	0.46	1.26
25–35	0.49	1.46
35–45	0.53	0.70
45–55	0.52	1.20

Fuente: Nicholson 1965b.

también sus requisitos silviculturales, para diseñar los tratamientos por aplicar en bosques aprovechados. Tales muestreos se deben hacer antes de la tala para evitar los obstáculos creados por los residuos de extracción.

- Es difícil predecir los efectos de aprovechamientos de distintas intensidades sobre el bosque residual.
- El ordenamiento de los cuarteles anuales de corta debe relacionarse con la época de maduración de los rodales. La tasa de corta se debe ajustar durante la conversión para evitar interrupciones durante el aprovechamiento y a la vez asegurar una segunda rotación ordenada.
- Debido a que la regeneración es extremadamente variable de un lugar a otro, las prácticas silviculturales deben considerar las diferencias entre cuarteles.

Stracey y Saikia (1960) favorecieron la selección en Assam, India para no sacrificar buenos árboles inmaduros al efectuar la conversión a bosques uniformes; así, buscaron salvar un tercio de las especies actualmente no comerciales, pensando que algún día quizás fueran útiles. Schulz (1967) dudó en convertir un bosque al sistema monocíclico en Surinam, aparentemente por las mismas razones. Por otra parte, Sabharwal (1941) había indicado anteriormente que, al convertir la estructura de un bosque de irregular a uniforme, no es necesario sacrificar todo el crecimiento avanzado, si una cierta irregularidad se considera aceptable.

Se recomendó el sistema de selección en bosques de mora (*Mora excelsa*) en Trinidad, después de haber eliminado todos los árboles sobremaduros, enfermos y defectuosos (Bell 1971). Se propuso aprovechar de cinco a ocho árboles por hectárea en ciclos de 10 a 15 años después del tratamiento inicial. La tala de todos los árboles con >58 cm dap dejó 107 árboles sin dañar o poco dañados por hectárea, con un dap de 10 cm o más (área basal residual de $3,4 \text{ m}^2/\text{ha}$). La tala de 12 árboles grandes bien espaciados por hectárea dejó 159 árboles sin dañar o poco dañados por hectárea (área basal residual de $12,4 \text{ m}^2/\text{ha}$).

Bajo ciertas condiciones, la extensión del daño producido por el aprovechamiento no impide el uso de un sistema policíclico (Redhead 1960a). Por ejemplo, los tractores oruga pueden causar dos veces más daño que la tala, pero el daño se puede reducir evitando grupos de crecimiento avanzado, para que quede una suficiente cantidad de árboles con ≥ 20 cm dap, para que el segundo turno produzca resultados tan buenos como el primero. Observaciones en Ghana (Mooney 1963) sugieren que el daño de la tala no debería ser tan grande como lo indica Dawkins.

En los bosques de dipterocarpáceas de Filipinas se marcaron los árboles inmaduros de futura cosecha, antes del aprovechamiento, lo que mantuvo el daño causado por los tractores dentro de límites tolerables, a pesar de que se aprovechó una mayor cantidad de árboles que en Uganda (Fox 1967a, Tagudar y Quintana 1957). Esta técnica también se ha empleado en Indonesia (Soerianegara 1970). El desarrollo de métodos para sacar el producto de talas parciales en la zona templada sugiere que el daño de la corta en los trópicos se puede reducir significativamente con sistemas aéreos de extracción (Wendel y Kochenderfer 1978).

Baur (1964b) en general aceptó las conclusiones de Dawkins sobre la selección en función del daño que talas sucesivas provocan, altos rendimientos requeridos para la extracción mecanizada y lo inapropiada que resulta para especies demandantes de luz. Además, agregó algunas desventajas de la conversión a bosques de estructura uniforme: pérdida de material pequeño pero saludable, pérdida de especies, exposición del suelo después de cosechas totales.

Dawkins convenció a los funcionarios forestales de Uganda de convertir sus bosques a una estructura uniforme, bajo el entendido de que una conversión tal

no produciría a corto plazo árboles del mismo tamaño ni de la misma edad (Dawkins 1958g). Por consiguiente, el proceso podría ser revertido, si fuera necesario. De acuerdo con Dawkins, sólo bajo una estructura uniforme es posible que árboles juveniles sanos alcancen la madurez. La conversión a una estructura uniforme, según la visualizaba Dawkins, podía comenzar con una corta de salvamento en que la corta mínima que produce ganancia abarca una extensión menor que el bosque entero.

Palmer (1975), como Dawkins, concluyó que las perspectivas de un rendimiento final pobre y pequeños aumentos en el crecimiento, como resultado del tratamiento silvicultural, hacen que las inversiones en la silvicultura de bosques irregulares no sean atractivas. Queda, entonces, una sola esperanza, también reconocida por Dawkins: si el área basal se mantuviera a dos tercios del máximo durante un largo período, es posible que el crecimiento aumentara considerablemente. Se necesitarían raleos repetidos, pero donde existen mercados para tales productos, quizás los raleos mismos producirían ganancias.

En la zona templada, Bormann y Likens (1981) concluyeron que se debían aplicar ciertas restricciones ambientales a cualquier sistema de producción (tal como la uniformidad) que requiere una tala rasa: 1) usar en sitios con fuerte capacidad de regeneración, evitando las laderas empinadas y los suelos superficiales; 2) dejar franjas de vegetación en ambas orillas de los arroyos; 3) limitar la tala a algunas hectáreas para asegurar las fuentes de semilla en la periferia y minimizar la pérdida de nutrientes disueltos y material erosionado; 4) seleccionar un período de rotación suficientemente largo como para permitir que el sistema recupere nutrientes y materia orgánica, y evitar la exposición; 5) respetar la recuperación de las especies postaprovechamiento, aún si no son comerciales.

Las talas rasas severas monocíclicas periódicamente interrumpen la preservación de los nutrientes, debido a que la descomposición de grandes volúmenes de residuos se está efectuando en un momento en que la red residual de raíces vivientes está incompleta. Con la supervivencia de un estrato inferior adecuado o una regeneración natural oportuna, este período de desequilibrio puede ser corto; sin embargo, se necesita saber más sobre la magnitud y duración de las pérdidas de nutrientes, según la intensidad del aprovechamiento y el tratamiento de residuos.

¿Qué significa todo esto en términos de objetivos estructurales para los bosques secundarios? Muchas de las experiencias registradas comienzan con bosques primarios que tienen una amplia gama de árboles de todos los tamaños, estratos superiores densos con copas altas. En circunstancias favorables, podrían quedar suficientes árboles adolescentes con dap de 20 cm o más para producir una segunda cosecha, mucho antes que los árboles recién regenerados logren madurar. Bosques jóvenes que contienen una posible cosecha de árboles de tamaño uniforme sugieren que la uniformidad se debe mantener. Bosques secundarios tardíos con una amplia gama de diámetros permiten, como alternativa, la estructura uniforme o la irregular. En bosques típicos secundarios, algunos de los problemas que preocupaban a Dawkins (1961c) quizás sean de menos seriedad: el daño de la tala rasa debería ser menor porque no hay árboles grandes, o si los hay son pocos; las cortas más livianas implícitas en los sistemas policíclicos quizás sean más prácticas en vista de la creciente demanda por madera a nivel local y la mayor accesibilidad de los bosques secundarios; además, el mercado local podría aceptar nuevas especies, aumentando con ello la proporción de árboles comerciales y los rendimientos.

Naturalmente, el tratamiento silvicultural debe considerar la composición y la estructura del bosque. Pero la decisión sobre la estructura se puede prorrogar. En bosques secundarios típicos sin manejo, el primer paso quizás sea mejorar la composición del bosque en vez de seleccionar los posibles árboles de futura cosecha. A medida que el tiempo pasa, y que se pueda pronosticar con mayor facilidad el potencial de la regeneración natural, el carácter comercial de una mayor cantidad de especies y la rentabilidad de las cortas intermedias, las bases para la decisión sobre la estructura del bosque con miras a una producción sostenible se verán con mayor claridad.

Diámetros límite. Dada la estructura natural de los bosques mixtos tropicales y la suposición, aún no comprobada, de que los árboles maduros cubren a un estrato inferior más joven que espera ser liberado, los forestales han supuesto que el sistema de selección debía ser el más apropiado. Bajo un crecimiento exuberante, el sistema de selección requiere la cosecha de los árboles maduros solamente, liberando a los suprimidos y fomentando la regeneración donde fuese necesario. La ventaja principal de este método es que preserva una amplia gama de diámetros; en verdad,

pareciera ser la alternativa más juiciosa entre todas las demás que requieren una modificación drástica o que sacrifican los bosques antes que se entiendan bien sus dinámicas y posibilidades.

Viejos estudios sobre la estructura de los bosques naturales tropicales hacen suponer que la extracción repetida de árboles maduros estimula un reaprovisionamiento adecuado desde abajo. Una práctica casi universal es el uso de diámetros mínimos para la explotación maderera, con el fin de preservar los árboles inmaduros y asegurar su disponibilidad para cosechas futuras. Una suposición adicional es que las cortas repetidas preservan la estructura natural del bosque, y que por consiguiente perpetúan la producción. Dada la falta de conocimientos, o de recursos financieros para la aplicación de sistemas más intensivos, esta práctica deja abierta la posibilidad para una silvicultura más refinada en el futuro. Por consiguiente, los diámetros límite son una guía de cosecha defendible pero provisional. Aún si el bosque residual es reemplazado más tarde, bajo la supervisión actual, el sitio y los árboles están bien protegidos.

Hace tiempo se sabe que las cortas con un diámetro límite en los bosques húmedos tropicales no aseguran una alta productividad para las cosechas futuras. Tales cortas, por sí mismas, no protegen a los árboles inmaduros del daño causado por el aprovechamiento; no generan un equilibrio entre las densidades en crecimiento ni ralean los árboles más pequeños (Trevor 1923). Tampoco prometen rendimientos sostenidos. Sin embargo, en los bosques de teca de la India se recomendaron cortas con un diámetro mínimo seguidas por cortas de selección, porque no había recursos financieros suficientes para talar y volver a plantar. Los bosques residuales, aún si son menos productivos que las plantaciones, constituyen una zona de protección contra las transgresiones de los intrusos.

Dosel protector. Bosques compuestos de árboles con diámetros similares se consideran como de naturaleza "uniforme". Los sistemas silviculturales que conducen a la uniformidad son dos: 1) el dosel protector o aclareos sucesivos, mediante los cuales se elimina el dosel superior por un breve período, y 2) la tala rasa, que deja la futura cosecha a plena luz desde el inicio. La tala rasa ocurre sólo durante una parte de la rotación; por eso, tales sistemas se llaman monocíclicos. Todos los árboles maduran y se cosechan aproximadamente al mismo tiempo.

La gran ventaja de estos sistemas es su simplicidad. Los cuarteles o compartimientos de corta se tratan en forma sucesiva, produciendo una serie de clases de edad, preferiblemente tantas clases como años en la rotación. La regulación de la tasa de cosecha se puede dar por área o por volumen de madera.

Una desventaja de la conversión de bosques secundarios a una estructura uniforme es que los árboles de la cosecha deben madurar casi al mismo tiempo, una condición que muchos bosques secundarios no cumplen. Los árboles demasiado grandes o demasiado chicos quizás deben ser sacrificados si se quiere que maduren en sincronía. La conversión en Uganda hizo que se eliminaran desde el principio todos los árboles 'maleza' con dap superior a 10 cm (Earl 1968).

En 1932, se empezó a usar en Malasia una modificación del sistema europeo de dosel protector; este se llamó "sistema tropical de dosel protector" (Hodgson 1932). Su objetivo principal era extraer toda la madera madura mediante una o más talas en un período corto (generalmente menos del 10% de la rotación) y aplicar tratamientos silviculturales auxiliares para estimular la regeneración de una nueva cosecha de edad y tamaño relativamente uniforme.

El sistema dosel protector (shelterwood) resultó de varias condiciones muy extensamente diseminadas. Los volúmenes naturalmente bajos de los árboles comerciales hizo que fuera financieramente necesario extraer casi todos los árboles al mismo tiempo. Por consiguiente, sólo quedaron los árboles pequeños de las mejores especies, los cuales, para prosperar, necesitaban más luz de la disponible bajo el estrato superior residual (Baur 1964b).

Este sistema ha probado ser mejor que los sistemas que maximizan la cosecha actual y dejan que la futura cosecha crezca al azar. De hecho, los aclareos sucesivos favorecen la cosecha futura mediante prácticas de tala dirigida, manipulación del dosel, preparación de camas de germinación y control de lianas y malezas. Además, busca proteger el suelo y los brinzales de especies valiosas.

El dosel protector tiene sus restricciones: 1) se debe promover la regeneración de especies deseables de futura cosecha después de la tala; donde las especies no comerciales son mayoría, este tipo de regeneración

quizás sea raro; 2) la regeneración de especies de crecimiento rápido podría necesitar plena luz solar en vez de sombra parcial; 3) todo aprovechamiento del dosel protector se tiene que hacer entre el crecimiento de futura cosecha, lo que provocará daños inevitables.

La regeneración de especies seleccionadas después de las cortas de aclareo requieren una cantidad de tratamientos silviculturales, como la corta de lianas, formación de claros en el dosel, eliminación del estrato inferior, quema, escarificación del suelo, liberación, raleo de la regeneración avanzada, y aún de la regeneración artificial (Baur 1964a).

El sistema de dosel protector, cuando mucho, ha demostrado ser aceptable. Con sólo 75 fustes por hectárea se alcanza la cobertura suficiente para producir una cosecha de madera de exportación; por ello, la regeneración adecuada puede ya estar presente o pronta a aparecer. Se cree que la presencia de sombra en las primeras etapas puede aumentar la diversidad de la regeneración, y que la manipulación del dosel puede acelerar el crecimiento de la siguiente cosecha. Un bosque secundario sin tratamiento puede rendir un promedio de 2 m³/ha/año; sin embargo, con el sistema de los aclareos sucesivos, en los mejores sitios se pueden alcanzar hasta 7 m³/ha/año y aún más si se le encuentra mercado a la madera de raleos (Baur 1964a). Estos rendimientos claramente están por debajo de los máximos en plantaciones, pero estas quizás no reembolsen los costos de establecimiento en sitios que de otra forma se regenerarían naturalmente.

El sistema dosel protector ha tenido un éxito limitado. En Nigeria (donde los mercados han sido favorables desde hace tiempo), la práctica comenzó en los bosques primarios con la tala de árboles para postes (Hodgson 1932), seguido por la corta de regeneración que permitió abrir el estrato superior, de manera que los árboles semilleros pudieran, teóricamente, inducir la regeneración. Después de 2 o 3 años, se efectuó una limpieza del nivel inferior, seguida por una segunda corta de regeneración en el cuarto año. En el sexto o séptimo año se aplicó una segunda limpieza y una última corta de regeneración, si la regeneración era adecuada. En los años siguientes se hicieron limpiezas cuando fue necesario.

El dosel protector, en lo que hoy es Malasia, no tuvo éxito a pesar de pruebas repetidas. La irregularidad de los años de mayor producción de semillas contribuyó a desorganizar el cronograma. Así, las cortas debieron

programarse en los años de producción de semillas, porque las especies intolerantes sólo sobrevivían 2 o 3 años si no eran liberadas (Durant 1936). Para las especies tolerantes, las limpiezas se debían programar para estimular el crecimiento antes de las cortas. El sistema fue, entonces, sustituido por un sistema uniforme en los bosques de tierras bajas para explotar la capacidad de ciertas especies poco tolerantes de dipterocarpáceas de librarse de las trepadoras bajo luz plena del sol.

A pesar de los problemas presentados por el dosel protector en Malasia, y la creciente desilusión con las técnicas de regeneración natural en la India (Ranganathan 1951), un forestal malayo volvió a introducir el sistema en Nigeria en 1943, con el propósito de promover la regeneración de *Triplochiton* (Mutch 1949). Ya en 1927, se había fallado con un sistema uniforme por lo que se pensó, era falta de control adecuado de la luz (Lancaster 1961b). El objetivo del nuevo sistema era convertir los bosques naturales maduros en series de cuarteles de edad relativamente uniforme de una rotación (Onyeagocha 1962). La corta de trepadoras se hacía bastante antes de la extracción, luego se procedía a envenenar los árboles indeseados de tamaño intermedio, dejando el estrato superior intacto. Después de la cosecha de árboles maduros se efectuaron limpiezas en los años 1, 3, 8 y 13.

Aunque los tratamientos iniciales no fueron exitosos por la cantidad inadecuada de árboles semilleros y envenenamiento poco efectivo, más de 25 000 ha estaban bajo tratamiento en el año 1948 (Anón. 1949d). Un conteo determinó la existencia de 150 a 200 plántulas por hectárea, bien por encima del mínimo aceptable de 100 por hectárea, lo que fue muy alentador y sugirió que la cantidad de plántulas se había duplicado. Algunas plántulas bien iluminadas duplicaron su altura en un año (Anón. 1949d); sin embargo, era difícil tener suficiente luz para fomentar la regeneración, y a la vez evitar el crecimiento de malezas. El objetivo era proporcionar luz suficiente para especies tolerantes de la familia Meliaceae, pero insuficiente para *Terminalia* y *Triplochiton* (Mutch 1949). Después de la corta final en Dahomey, hoy la República Popular de Benin, 53 de 55 ha contenían más de 500 brinzales por hectárea con alturas de 3 m o más, y 27 ha con más de 1000 brinzales.

En Nigeria, fue necesario dejar que crecieran los árboles del estrato inferior para controlar el crecimiento de las

trepadoras (Anón. 1957d). Sin embargo, se tuvieron que efectuar anillamientos con envenenamiento para mantener el dosel abierto lo suficiente como para fomentar el crecimiento de brinzales. Un estudio en Sapoba, Nigeria, demostró que el costo del envenenamiento debe ser considerado al seleccionar las prácticas de liberación (Henry 1957). Así, la eliminación de los árboles sin valor económico con dap de ≈ 58 cm extrajo 10 árboles por hectárea; la eliminación de árboles que dominaban a los brinzales y latizales económicamente valiosos extrajo 114 árboles por hectárea, y 273 árboles por hectárea, la extracción de todos los árboles con dap de \$ 10 cm.

Una técnica usada en Nigeria, revisada de 1954, representa el máximo desarrollo del sistema dosel protector. Esta consistió de las siguientes operaciones (Anón. 1955a):

- Año 1 — Demarcación de las líneas del cuadrículado.
- Año 1 — Corta, hasta una altura de 15 cm, de lianas, hierbas, matorrales, árboles sin valor económico y árboles deformados de especies deseables.
- Año 2 - Limpiezas previas al envenenamiento. Eliminar plantas de nuevo crecimiento, manteniendo las condiciones de la operación previa.
- Año 2 (y posiblemente año 4) — Conteo de la regeneración y enumeración de árboles cosechables para postes.
- Año 2 — Envenenamiento de brinzales. Trabajar el dosel desde abajo, eliminando árboles inferiores para fomentar la reproducción existente y fortalecer la nueva regeneración, si hay menos de 100 árboles por hectárea.
- Año 2 o 4 — Envenenamientos de limpieza. Si la regeneración fue menos de 100 árboles por hectárea en el año 2, se envenenan todos los árboles no comerciales de los estratos inferiores e intermedios que arrojan sombra, dejando sólo los que son derechos y tienen copas pequeñas.
- Año 3 a 5 — Limpieza después del envenenamiento hasta aproximadamente la altura de las rodillas.
- Año 3 a 5 — Liberación de plántulas y brinzales establecidos.

- Año 6 —Tala y reparación de los daños.
- Año 7 — Eliminación de todos los árboles no comerciales que interfieren de alguna manera con la nueva cosecha.
- Después del año 7 — Replantación si hay menos de 100 árboles por hectárea.
- Después del año 7 — Plantación en líneas, si hace falta.

Después del aclareo, se cortaron las trepadoras cada vez que fue necesario, durante la época de lluvia, en los años 7, 14 y 17 (Okon 1962). Las necesidades de replantar y plantar en línea sugieren que la regeneración natural sólo fue parcialmente exitosa. Después de la explotación, un rodal reproductivo alcanzó un promedio de 210 árboles por hectárea, lo que se consideraba inadecuado (Lancaster 1961a). Hubo muchas dudas en relación con esa técnica; sin embargo, bajo circunstancias favorables, los conteos de plántulas, brinzales y latizales en Dahomey, hoy Benin, aparentemente fueron adecuados (Cuadro 4-9).

Para 1970, la gente se había desilusionado del sistema dosel protector, como resultado de las experiencias en Nigeria (Baur 1964a, Oseni y Abayomi 1970). Esta desilusión comenzó con el fracaso de los claros postaprovechamiento, seguido por las dificultades provocadas por la asincronía de la producción de semillas, y finalmente, la necesidad de efectuar

prácticas de liberación de manera continua. El efecto principal fue la liberación del crecimiento de la regeneración ya presente, en vez de inducir una nueva regeneración. rodales no produjeron árboles de tamaño similar (como los de una plantación) debido a las diferentes tasas de crecimiento intra y entre especies. Los árboles de crecimiento más rápido maduraron en la mitad del tiempo requerido por las especies más lentas. Aún en los lugares donde el sistema logró generar una segunda cosecha, más de la mitad del rodal estaba compuesto por árboles no comerciales, lo cual requería una liberación continua para producir a capacidad. La composición del bosque cambió de árboles del estrato superior a árboles del estrato intermedio, y las especies exigentes de luz no tuvieron éxito (Lawton 1976).

En su “obituario” al sistema dosel protector en Nigeria, Lowe (1984) resalta que la práctica buscaba suministrar madera principalmente para los mercados de exportación, a partir de bosques donde sólo la regeneración natural se consideraba posible, debido a que los fondos existentes eran limitados. El sistema fracasó en su propósito de reconciliar la necesidad de abrir el dosel y al mismo tiempo controlar el crecimiento de lianas y malezas herbáceas. Era un sistema de aplicación complicada y difícil evaluación. Sin embargo, el hecho de abrir el dosel aparentemente duplicó la cantidad de regeneración y la corta de plantas trepadoras duplicó la cantidad posible de árboles de cosecha final. El sistema dosel protector fue abandonado en Nigeria, no debido a deficiencias técnicas, sino debido a que los bosques manejados, aunque técnicamente exitosos, no podían competir con el cacao y otros cultivos para los que el terreno se consideraba más apropiado. Además, las presiones por mayores cantidades de madera hicieron que la rotación se redujera de 100 a 50 años. Lowe concluyó que, dada la tasa de conversión a plantaciones madereras en ese momento, era poco probable que un arbolito establecido naturalmente tuviese tiempo para alcanzar una edad comercial, antes de que el bosque fuera convertido en plantación de madera u otro uso agrícola.

Experiencias extensivas con el sistema en lo que hoy es Ghana, a partir de 1947, demostraron que el dosel protector necesitaba dos condiciones: un bosque normal y una cantidad razonable de árboles semilleros (Taylor 1954). Estas condiciones no eran comunes en zonas extensas. El sistema probó ser difícil de aplicar en bosques demasiado maduros, en bosques manejados para producir postes, o en bosques secundarios viejos

Cuadro 4-9.—Producción del sistema de dosel protector en Dahomey (Benin) y Nigeria			
Tamaño del árbol		No. de árboles por hectárea	
Altura (m)	Dap (cm)	Antes del tratamiento precosecha (1952)	Después del aprovechamiento (1957)
0-1	— ^a	6	74
1-3	— ^a	19	62
3-10		44	71
— ^a	10-50	48	48
Total		117	255
Fuente: Onyeagocha 1962.			
^a Sin medir.			

con pobres fuentes de semillas. Aún la presencia de árboles semilleros no aseguró el éxito (Foggie 1957), aunque en el bosque de Bobiri se encontraron 490 árboles de 4 cm dap por hectárea de 13 especies valiosas (Lane 1961).

Las prácticas efectuadas en el bosque de Bobiri (Osafo 1968a) constituyen una buena ilustración de la complejidad del tratamiento usado en Ghana. Un compartimento de corta registró 19 años de tratamientos de dosel protector, incluyendo: tres reducciones del dosel en los años 6, 5, y 4 años antes de la tala; evaluaciones de la regeneración en los años 3, 2 y 1 años antes de la tala y cada tercer año después; limpiezas dos años antes y después de la tala; cortas de trepadoras en los años 1, 9, 11 y 12, después de la tala, y envenenamiento de árboles residuales a los 4, 5, 6, 8 y 11 años después de la tala. El daño causado por la extracción de árboles dominantes en general fue excesivo. Cualquiera que fuera la densidad de la sombra, las malezas crecieron más que los árboles de las especies comerciales.

Mooney (1962, 1963) afirmó que si la meta era obtener madera de calidad, los resultados hasta el año 1962 en Ghana variaban de excelentes a desalentadores. Previno las dificultades que se presentarían al tratar de fomentar el crecimiento de especies de calidad, con base en especies de crecimiento rápido, una vez abierto el dosel. Al eliminar el estrato superior, las especies exigentes de luz invaden, por lo que se requieren raleos repetidos para preservar las especies de exportación. Como alternativa, recomendó el abandono de las especies de exportación en favor de las exigentes de luz; de hecho, muchas de ellas ya han entrado en el grupo de especies comerciales.

En el Congo se usó una técnica similar llamada 'uniformización por lo alto'. Esta se inicia con el conteo y tratamiento para aumentar la uniformidad antes de la cosecha (Baur 1964a). Se eliminaron los árboles inútiles del estrato superior y se redujeron los distintos tamaños de las clases mediante un envenenamiento selectivo. Se aumentó la intensidad de la luz al nivel del suelo, hasta alcanzar un porcentaje del 30 al 40% de la luz solar plena. Bajo condiciones favorables, las trepadoras no causaron serios problemas.

En el hemisferio occidental, un ejemplo sobresaliente del sistema dosel protector es el que se aplicó en Trinidad en 1935 y que todavía existe en los bosques de

reserva Arena y McNair Ravine Sable Forest Reserves (Baur 1964a). Las observaciones preliminares indicaron que las plantaciones de especies como *Calophyllum brasiliense*, *Carapa guianensis* y *Vitex divericata* tenían poco éxito en suelos arenosos (Ayliffe 1952, Brooks 1941b). En contraste, la regeneración natural bajo el sistema dosel protector en suelos arenosos resultó satisfactoria. Se ensayó con nueve especies en Arena y 18 en McNair; entre ellas, especies de *Byrsonima*, *Hyeronima*, *Nectandra*, *Schefflera*, *Tabebuia* y *Terminalia*, como posibles especies comerciales. Durante los siguientes tres o más años se efectuaron los aclareos, después de tratamientos de mejoramiento (incluso, corta de trepadoras y limpieza de malezas). Se dejaron los mejores árboles del estrato superior y se eliminaron los del estrato inferior; después se raleó el estrato superior para permitir una luz adecuada (Moore 1957). Se usaron carboneros como mano de obra para gran parte del trabajo. En Arena se había contemplado una rotación de 50 años, al alcanzar los árboles de crecimiento rápido un dap de 50 cm, y otra de 60 años para las demás especies (Raets 1963). Se esperaba un rendimiento de 5 m³/ha/año (Ayliffe 1952).

En resumen, el sistema dosel protector ha sido usado en muchos países. Las constataciones sugieren que en general fue un fracaso. Lo más desalentador es el hecho de que en donde se logró una segunda cosecha, esta ya estaba en el suelo desde un principio; en los demás sitios, el sistema fracasó en su intento de inducir la regeneración de especies maderables de exportación de interés en aquel momento. Se ha dicho aún menos sobre el costo de la mano de obra, prohibitivo con el aumento de los sueldos. El concepto, sin embargo, quizás amerite una nueva prueba, ya que muchas de las especies que se consideraban malezas, ahora son comerciales. Las ventajas del manejo monocíclico, aunado a la preservación no solo de un dosel continuo sino de gran parte de la diversidad natural, se estiman mucho más ahora que antes.

Tala rasa. La tala rasa de los bosques tropicales para cosechar madera industrial (en vez de leña) es casi desconocida porque la mayoría de los árboles de los bosques mixtos no han sido comerciales. La tala rasa de tales bosques no es, *a priori*, una alternativa lógica para el silvicultor. Los árboles inmaduros de especies nativas valiosas crecen naturalmente, al menos a través de una sombra parcial. Rara vez se da una regeneración de especies deseables después de una tala rasa.

El ejemplo más notable -y posiblemente el único que tuvo éxito- de una tala rasa severa para regenerar bosques tropicales húmedos y producir árboles grandes se efectuó en la Península de Malasia, donde después de la Segunda Guerra Mundial, la explotación maderera se convirtió en una práctica mecanizada (Baur 1964a). Las cortas iniciales de mejoramiento habían demostrado que, por lo general, la regeneración estaba presente. Se propuso una corta severa y única que no dejara ningún árbol semillero, confiando en la regeneración. Esta propuesta marcó el comienzo del Sistema Uniforme de Malaya (Baur 1964a), que dependió de: 1) una densidad adecuada de plántulas de especies útiles en el momento de la extracción; 2) la extracción completa del dosel; 3) ninguna práctica de cultivo hasta que el acceso a través del nuevo crecimiento se podía ver con facilidad; 4) control del desarrollo de las trepadoras.

Se consideró satisfactorio un promedio de regeneración de una plántula de hasta 2 m de altura en el 40% de las parcelas de 2,5 m². Si este nivel no se lograba se esperaba hasta el siguiente año de producción de semillas. La tala se efectuaba dos años después y se seguía con el envenenamiento de todos los troncos inútiles con dap >5 cm. De 3 a 5 años después, el muestreo indicaba si se debían cortar las trepadoras o efectuar mayores envenenamientos. Más tarde, con la experiencia y la mejora de los mercados, los requisitos se hicieron menos estrictos: una densidad del 30% se aceptó como adecuada, y hasta el 20% de las plántulas seleccionadas podían ser de maderas más ligeras (Baur 1964a). Un cambio en el uso de la tierra, que relegó la producción forestal a las tierras altas donde la regeneración natural era menos abundante, llevó a la conclusión de que los suministros futuros de madera en la región debían confiarse principalmente en la regeneración artificial.

A partir de 1927, se ensayaron cuatro sistemas en Nigeria para obtener nuevas cosechas de madera en bosques talados. Con el primer sistema se cortó y quemó todo menos 10 árboles semilleros por hectárea; este no tuvo éxito porque produjo un amasijo de plantas trepadoras (Baur 1964a). Con el segundo sistema se dejaron grupos de árboles del estrato superior para producir semillas y se eliminaron y quemaron los estratos inferiores y trepadoras; este tuvo más éxito pero requería más supervisión de la que se disponía. El tercer sistema, apertura de claros para establecer plantaciones de enriquecimiento, fue demasiado disperso para el manejo. El cuarto sistema, la uniformidad, pasaba por

una apertura gradual mediante la corta de trepadoras y anillamiento de árboles indeseables tres años antes del aprovechamiento maderero. Este tuvo éxito porque el aumento de luz estimuló la regeneración natural que ya existía (Baur 1964a); sin embargo, algunas veces fue necesario replantar en sitios donde la regeneración no se estableció.

Tratamientos precosecha. Los fracasos de la regeneración natural por lo general se atribuyen a la ausencia de plántulas avanzadas, a la falta de semillas por haber sido talados los árboles semilleros de especies deseadas, a los daños causados por la explotación maderera, y al efecto sofocante de las plantas trepadoras y malezas. Estas conclusiones han resultado en empeños para promover la regeneración natural de los bosques maduros antes de la cosecha.

Las experiencias de la India han producido distintos resultados. Las cortas del estrato inferior no indujeron la regeneración pero sí ayudaron a la futura cosecha (Champion 1936b). Las dipterocarpaceas de la India necesitan un suelo desnudo para inducir la germinación y liberación gradual subsiguiente (Sen Gupta 1939). Se puede fomentar la regeneración natural si se corta el sotobosque y se labra el suelo justo después de la caída de las semillas, aunque la mayoría de las especies regeneradas por lo general no son comerciales (Lyppu 1960). Hasta alcanzar la etapa de latizal, es necesario limpiar de malezas tres veces al año.

En lo que hoy es Malasia, se llegó hace mucho a la conclusión de que las cortas del estrato superior no inducen nuevas cosechas de dipterocarpaceas. En vez, los claros del dosel produjeron un sotobosque denso antes de la regeneración, poniendo en peligro a toda plántula deseable capaz de aparecer (Watson 1936). En los bosques dipterocarpaceos de las Islas Andamán, se redujo la densidad del dosel a distintas alturas y se quemaron los desechos antes de caer las semillas; esto produjo una buena regeneración, pero también malezas (Pooraiah 1957).

Las experiencias con tratamientos pre-cosecha en África han sido más alentadoras. Los tratamientos intensivos de pequeñas zonas produjeron algunos resultados espectaculares. En estudios efectuados en Nigeria, se obtuvieron éxitos regionales con muchas especies, al manipular la caída de las semillas, mejorar las condiciones de la luz y limpiar alrededor de los árboles semilleros (Kennedy 1935, Paul 1953). El tratamiento de

regeneración estándar, de 1932 a 1935, incluía la limpieza del sotobosque alrededor de árboles semilleros de especies económicamente valiosas cada 2 ha (Paul 1953). El tamaño de los claros alcanzaba superficies de hasta 0,8 ha. Los detritos eran quemados antes de caer las semillas. Donde la regeneración era abundante, se raleaba hasta alcanzar un espaciamiento de 1 m x 1 m. Se permitió que quedaran especies secundarias donde era necesario producir sombra. Sin embargo, el costo en mano de obra era de casi 200 días por hectárea (d/ha).

El cultivo debajo de árboles semilleros de *Maesopsis eminii* produjo una regeneración abundante en Uganda (Swabey 1954); se obtuvieron resultados similares con *Callitris calcarata*, *C. robusta* y *Cupressus lusitanica* en Nyasalandia hoy Malawi (Anón. 1952f), y *Flindersia brayleyana* y *Toona ciliata* en la región tropical de Australia (Anón. 1958g).

Sin embargo, tratamientos en gran escala en el África fueron menos convincentes. Entre 1944 y 1948, se efectuaron envenenamientos ligeros y limpiezas en Nigeria cada año durante un período de cinco años, antes de la cosecha (Jones 1950). En algunos sitios se encontraron hasta 200 plántulas por hectárea, el doble del estándar mínimo. Sin embargo, la opinión general era que gran parte de esta regeneración estaba presente aún antes del tratamiento silvicultural (Onyeagocha 1962). Esta creencia se fundamentaba en el hecho de que al limpiar los claros sin regeneración, no aparecía regeneración valiosa sino malezas. Durante los cinco años anteriores a la tala, los brinzales más grandes estuvieron expuestos a mayores daños causados por la extracción maderera. Jones (1950) demostró que los brinzales más grandes eran más vulnerables al daño causado por la extracción que los más pequeños; Ellis (1951), sin embargo, afirma lo contrario. Se cree que estos tratamientos no tuvieron mayor éxito por causa de una fructificación irregular, falta de árboles semilleros (menos de uno por hectárea) y que los requisitos de sombra de cada especie son distintos (Catinet 1974).

En América, se han publicado pocos trabajos sobre tratamientos precosecha. Se descubrió que la regeneración de *Cedrela odorata* fue abundante en una zona agrícola adyacente a un bosque de lo que hoy es Belice (Anón. 1949a). En el Amazonas, un experimento en un bosque secundario comparó tres intensidades de apertura: 1) la corta radical de brinzales no comerciales de menos de 5 cm dap; 2) lo mismo que (1), más el envenenamiento de algunos árboles del sotobosque; 3)

lo mismo que (2) más la tala de algunos árboles grandes (Pitt 1961b). Se consideraron comerciales quince especies nativas. Llegado el fin del primer año, la regeneración producida por el tratamiento ligero aumentó del 18 a 60% de la densidad total. Con el segundo tratamiento la regeneración aumentó del 37 al 89%, y con el tercero, del 20 al 100%. En conclusión, para inducir la regeneración, el área basal se debía reducir a 15 m²/ha, para árboles con dap de \$ 10 cm, y a 10 m²/ha, para árboles con dap de \$ 25 cm.

Eliminación de relictos. Los relictos son árboles grandes, individuales o en grupos, cuya altura rebasa la del bosque talado. Algunos han sido dejados en pie por sus semillas, pero la mayoría no tienen mercado. Su supervivencia es incierta y su crecimiento de poca importancia. Además, dan sombra en exceso, o podrían caer sobre la futura cosecha.

La experiencia en el manejo de relictos proviene por lo general de los países del hemisferio oriental. En lo que hoy es Malasia, Watson (1936), se manifestó en contra de una sombra densa inicial para los brinzales de dipterocarpáceas, demostrando que los mejores crecimientos se dan en grandes claros. Recomendó la corta temprana de árboles semilleros par evitar mayores daños más tarde. El hecho de que el grupo meranti de dipterocarpáceas (maderas livianas deseables) responde vigorosamente bajo plena luz solar, lo convenció de que donde hay adecuada regeneración se debe eliminar el dosel lo más pronto posible, y recomendó la eliminación del dosel en una sola operación por ser lo más económico y efectivo. Consideró que eliminar el dosel superior era beneficioso para el dosel inferior, no para la regeneración. Las conclusiones de Watson fueron confirmadas diez años más tarde por el Sistema Uniforme Malayo. En 1950, la práctica estándar en las tierras bajas de dipterocarpáceas con regeneración avanzada fue efectuar la cosecha completa en una sola operación, con envenenamiento de los fustes sin valor (Barnard 1950a).

Trabajos en Sabah arrojaron las mismas conclusiones: si existe una cantidad adecuada de plántulas en el suelo antes del aprovechamiento, es conveniente envenenar todos los árboles no comerciales lo más pronto posible (Fig. 4-6; Nicholson 1958b). En esa época no se sabía con claridad si se debía dejar parte del estrato superior comercial para una cosecha intermedia, antes que maduraran las plántulas. Estudios subsiguientes en Malasia confirmaron que se debían dejar los árboles



Fig. 4-6.—*Eliminación de un árbol relicto en Sarawak, usando el método del anillamiento y envenenamiento con arboricida.*

semilleros grandes, sanos y con buena copa (Wyatt-Smith 1963). Se esperaba que serían de crecimiento rápido y que continuarían creciendo bien. La extracción posterior de tales árboles se consideraba una corta intermedia potencialmente gananciosa. Las mediciones tomadas en una corta de este tipo indicaban que la cosecha de tales árboles no dañaba la cosecha futura, si la extracción se controlaba cuidadosamente (Wyatt-Smith 1963). Sin embargo, si tal corta era inminente, se debían prorrogar las prácticas de manejo de los arbolitos jóvenes hasta que se completara la extracción (Wyatt-Smith y Vincent 1962b).

Otros estudios en bosques de dipterocarpáceas de tierras bajas indicaron que los relictos no contribuían a la producción futura (Wong 1966b). En un bosque, 15 de 74 relictos murieron en los siete años siguientes, y en otro, del 6 al 28% de los merantis murieron en los diez años siguientes. Para 1970, la práctica estándar del Sistema Uniforme Malayo para dipterocarpáceas era cosechar todos los árboles con dap de 40 a 50 cm o más, en una o dos etapas, con siete años de separación entre una y otra, y anillando los árboles de ≥ 30 cm (o aún 10) dap (Burgess 1970).

El tratamiento de los rodales de relictos ha sido la operación silvicultural más importante del Sistema Uniforme Malayo (Tang y Wadley 1976b). La reducción del estrato superior a un área basal de 25 m²/ha es importante para el desarrollo de la regeneración; las reducciones posteriores son de importancia mucho menor. Con una nueva cosecha relativamente tolerante,

la eliminación de los relictos se puede demorar hasta cuatro años y medio. Sin embargo, si fuera necesario anillar estos árboles, es ventajoso hacerlo inmediatamente.

La eliminación de los relictos, además del resto de árboles indeseables de los bosques secundarios requiere el uso de técnicas seguras, efectivas y baratas. La corta se discontinuó hace muchos años por el costo y el daño a los árboles residuales (además del problema causado por las enredaderas). El anillamiento es menos costoso que la corta, pero la muerte del árbol es lenta e incierta. Además, es difícil hacer las incisiones en árboles con troncos acanalados, y si las incisiones son incompletas, el árbol puede persistir indefinidamente. Generalmente, los árboles, de todos modos, no mueren inmediatamente, así que los beneficios tardan en aparecer. Este es un argumento sólido para el uso de arboricidas. De todos modos, ya sea anillado o envenenado, el árbol pierde la copa y se deteriora paulatinamente antes de caer, lo que reduce el impacto sobre los árboles del estrato inferior.

Regeneración natural. El término ‘regeneración natural’ se refiere a la renovación de la vegetación mediante semillas no plantadas u otros métodos vegetativos (Ford-Robertson 1971). Ha habido mucha confusión entre el efecto de inducir el crecimiento de nuevas plántulas, y estimular el crecimiento de las ya existentes. La distinción es importante porque es mucho más difícil inducir que estimular el crecimiento. Estos dos métodos se confunden comúnmente, donde no se ha determinado de forma confiable la abundancia de plántulas, antes de comenzar el tratamiento. Muchos de los éxitos más grandes registrados en cuanto a la regeneración natural ocurrieron en sitios donde los nuevos árboles aparecieron antes de que se efectuaran tratamientos (Paul 1953).

Los bosques húmedos tropicales tienen facultades de recuperación extraordinarias y rápidamente vuelven a cubrir las zonas perturbadas o los claros (Figs 4-7, 4-8). Si se considera la situación desde el punto de vista estrictamente cuantitativo, la regeneración natural rara vez es un problema, excepto en donde la deforestación ha sido tan extensa o permanente que los sistemas de raíces y las fuentes cercanas de semillas ya se han destruido (Fig. 4-9). Sin embargo, en la mayoría de los bosques tropicales de barbecho no se encuentra un cultivo adecuado de brinzales de especies deseables, regeneradas de manera natural. La regeneración de sólo



Fig. 4-7.—*Regeneración completa del Pinus occidentalis después de una tala severa en las tierras altas del Haití.*

árboles de especies comerciales de exportación requiere de un proceso de sucesión distinto del ordinario en un bosque natural. Hay varios factores que dificultan la regeneración natural de especies seleccionadas (Banerji 1958, Wadsworth 1962): 1) la cosecha comercial reduce el potencial del bosque de producir semillas de especies comerciales; 2) la cosecha crea claros y deja lugares sin disturbar, ninguno de los cuales puede ser ideal para la regeneración de especies deseables; 3) los años buenos de producción de semillas son irregulares e infrecuentes; 4) la extensión ideal de un claro, que favorezca la regeneración deseable, generalmente especies exigentes de luz, y al mismo tiempo controle el crecimiento de trepadoras y malezas ha sido difícil de determinar.

Desde hace tiempo se reconoció que la regeneración natural deseable en los bosques húmedos del África y América tropical ocurre en forma de parches (Champion 1934). Un estudio en Nigeria descubrió que la mayoría de las plántulas pertenecían a especies del estrato intermedio, no a especies sobresalientes y dominantes conocidas como emergentes (Jones 1950). En los bosques húmedos siempreverdes de Venezuela, la abundancia de la regeneración presentó variaciones regionales, que no aparecían en las estadísticas de más amplio alcance (Rollet 1969).

Aún donde la regeneración natural es adecuada, a veces se la ignora como fuente de una nueva cosecha. La teca (*Tectona grandis*) de la India y Paquistán, por ejemplo, puede regenerarse adecuadamente por plántulas,



Fig. 4-8.—*Regeneración abundante causada por la liberación de un árbol -en el centro- diez años antes.*

retoños o rebrotes de raíz. Sin embargo, la práctica tradicional ha sido la regeneración por plantación (Imam 1969).

Para que la regeneración natural tenga éxito se necesita más que la emergencia de una nueva cosecha, según las experiencias en lo que hoy es Sri Lanka (Holmes 1945). En 1921 apareció una alfombra de plántulas en claros del bosque húmedo. Dos años más tarde se hizo evidente la necesidad de aplicar una limpieza para la supervivencia de las plántulas. El tratamiento reveló que la regeneración ocurría en grupos concentrados cerca



Fig. 4-9.—*Desarrollo de un bosque secundario de barbecho de veinticuatro años en Filipinas.*

de los árboles semilleros; después de cuatro años, el bosque residual estaba aún más agrupado, como resultado de variaciones en la intensidad de la luz y daños producidos por la fauna. En el quinto año, una estación de sequía pronunciada causó mayores pérdidas, pero para el octavo año se determinó que no había problema con la regeneración del bosque, pero sí con la supervivencia durante los primeros años. A los 12 años todavía las malezas causaban problemas a los brinzales. Aparentemente, la producción comercial de madera no se puede dejar a la regeneración natural sin prácticas de manejo.

La regeneración natural se intentó en los bosques de Nigeria desde 1906 al 1944, año en que se reconoció el fracaso general (Oseni y Abayomi 1970). En 1957, Uganda era el único país africano en que los bosques se manejaban con base en una regeneración natural programada (Anón. 1957e). Para 1966, la mayoría de los países africanos fomentaban programas de siembra de árboles en bosques existentes (Galinato 1966). En el antiguo Zaire, se trató de convertir terrenos de cultivos migratorios abandonados en bosques secundarios regenerados, comenzando con el establecimiento de plantaciones poco densas de eucalipto (Pierlot 1952).

En Uganda las autoridades cambiaron de sistema a favor de la regeneración natural después de 1952, debido a los fracasos costosos de las plantaciones, incluso las del sotobosque (Baur 1964a). Desde entonces, se efectúan muestreos en los bosques para determinar las necesidades de tratamiento; antes de la extracción, los bosques pasan por un proceso de refinamiento. Se descubrió que la regeneración natural era mucho más abundante de lo que se esperaba. Donde la regeneración era adecuada, el estrato superior se eliminó en una sola operación.

En Queensland, Australia, se han logrado regeneraciones naturales generalmente adecuadas. Hasta 2200 árboles con Φ 10 cm quedaron en pie por hectárea después de la extracción; los cuales correspondían a casi 200 especies de calidad apropiada para la ebanistería (Baur 1964a). El anillamiento de las especies indeseables y la corta de lianas duplicó el crecimiento diamétrico de los árboles seleccionados.

En el neotrópico, los intentos por inducir la regeneración natural han sido muy localizados e insignificantes en comparación con los proyectos de plantaciones. Un estudio de la causa de las pérdidas en

la regeneración natural de *Swietenia macrophylla* en lo que hoy es Belice es interesante (Wolffsohn 1961). Se cortaron franjas de 6 por 36 m a sotavento de diez árboles semilleros, las que se subdividieron en parcelas de 6 m x 6 m. La mitad de las parcelas fueron tratadas con el insecticida persistente aldrin. Ese año, la cantidad de plántulas por parcela varió de 1 a 6 en las parcelas sin tratamiento y de 40 a 255 en las parcelas con tratamiento. En las pistas de extracción abandonadas también hubo una regeneración abundante, lo que sugiere que muchas plántulas lograron escaparse de los insectos allí también.

La regeneración natural, bajo condiciones extremadamente húmedas (750 cm de precipitación anual), a bajas elevaciones en el oeste de Colombia fue adecuada en términos de cantidad, dos años después del aprovechamiento (Ladrach y Mazuera 1985). Antes de talar el bosque maduro había casi 1400 árboles por hectárea, con dap de Φ 4 cm; dos años después de la tala había 6800 árboles, y sólo el 1% eran rebrotes. Fue aparente que para que las nuevas plántulas invadieran el bosque talado antes que la vegetación se cerrara otra vez, la germinación se debía dar inmediatamente después de la tala, o dentro de 2 años siguientes. En ese sitio, el volumen de árboles de Φ 13 cm dap, 15 años después de la tala, era la mitad del bosque maduro, lo que sugiere que a los 30 años sería equivalente al bosque maduro entero (Anón. 1979e).

La experiencia en el Perú ofrece mayores evidencias de que en los bosques húmedos, la regeneración natural no es un problema (Hartshorn *et al.* 1986). Se efectuó una tala rasa en franjas de 20 a 50 m de ancho, con al menos 200 m de separación, de las cuales se utilizó el total de la madera; a los 15 meses, se contabilizaron 1500 brinzales de 132 especies, con 50 cm o más de altura. Aunque en el sitio existe un mercado regional de leña, todavía queda por ver lo valiosas que estas especies sean para otros propósitos.

Donde no se ha logrado una regeneración natural de calidad, se han considerado tres alternativas: sustitución, inducción y plantación, en ese orden (Dawkins 1958c). La sustitución es apropiada donde hay otras especies posiblemente comerciales, cuya reproducción es buena. Si no es del caso, se deben investigar las posibilidades de inducir la regeneración de especies nativas deseables, antes de abandonar por completo la regeneración natural. Los estudios deben centrarse en semillas, suelo y manipulación del dosel.

Aún si la regeneración natural pareciera haber fracasado por completo, un cambio de sistema se debe hacer cautelosamente. Las plantaciones pueden producir rendimientos más altos, pero sus mayores costos requieren terrenos de mejor calidad y más accesibles de los que producen bosques naturalmente regenerados. Los costos relativos de estas dos prácticas, sin embargo, varían enormemente de un lugar a otro. Los costos totales rara vez se incluyen en estas comparaciones. En algunas zonas, la regeneración natural quizás sea menos costosa de lo que se espera (Kio 1976). Además, la mayor parte del costo de la regeneración natural es el pago a obreros no capacitados. Sin embargo, con el tiempo, los avances en la mejora genética de las especies seleccionadas para las plantaciones harán que la regeneración natural sea una alternativa menos competitiva.

El proceso de regeneración natural no se domina totalmente. Es necesario efectuar estudios locales de fenología, dispersión de semillas, relación de las especies con la luz, humedad y claros en el bosque. Como guía puede servir la colección de estudios publicados en México (Gómez Pompa y del Amo 1985).

En resumen, la regeneración inducida de especies con calidad de exportación, mediante técnicas silviculturales en bosques húmedos ha sido exitosa sólo al nivel local. Sin embargo, en bosques donde el crecimiento de plántulas y brinzales es abundante, como en Queensland, Filipinas y partes de Malasia, Sri Lanka y África su protección, estimulación -mediante tratamientos precosecha- y liberación han tenido éxito (Baur 1964a, Dawkins 1961d). Las preguntas claves son cuánto cuidado necesitan y cómo se comparan las relaciones beneficio/costo de este sistema con las plantaciones y otros usos agrícolas.

Tratamientos de refinamiento. El refinamiento consiste en la eliminación de árboles, trepadoras y arbustos indeseables para estimular la utilización completa del sitio por parte de la futura cosecha (Dawkins 1955b, 1958a, 1958g; Ford-Robertson 1971). Eso requiere que se dedique cada vez más espacio a los árboles inmaduros prometedores, a expensas de los demás (Fig. 4-10). Esta es una práctica de mucha variedad, que puede incluir la eliminación de árboles relictos gigantes después de la extracción, la tala o eliminación de árboles enfermos y de especies inferiores, la corta o el podado de tallos dañados, la liberación de especies deseables, el raleo de árboles jóvenes y la liberación de

plántulas. Tales prácticas comúnmente se llaman “cortas de mejoramiento”, aunque en los trópicos se usan indistintamente los términos corta de selección, corta de mejoramiento, o refinamiento.

El argumento principal a favor del refinamiento de los bosques secundarios, en vez de reemplazarlos por plantaciones, es la presencia de una cosecha inmadura que el reemplazo sacrificaría. Tales bosques tienen árboles con una amplia gama de diámetros, de los cuales los más grandes quizás parezcan los más dignos de dejar madurar. Esta situación, más la suposición común de que el diámetro y la edad están estrechamente correlacionados, ha conducido a intentos de aplicar el sistema de selección silvicultural en los bosques tropicales, preservando un gran número de tamaños de árboles y proponiendo talas periódicas (políclicas) parciales que permiten, a la vez, la cosecha de árboles maduros y la liberación de los inmaduros. Según Nicholson (1979), el hecho de que una gran proporción de zonas ya taladas tienen una cantidad de árboles inmaduros que no fueron liberados por la tala, indica que se necesita un tratamiento silvicultural.

La posición que ocupa el refinamiento en la silvicultura se ilustra en la Fig. 4-11 (Wadsworth 1966). Después de un aprovechamiento que deja un remanente de árboles inmaduros, o que estos aparecen de manera natural, el interés principal se centra en el dosel arbóreo. Si los



Fig. 4-10.—*Mangle blanco* (*Laguncularia racemosa*) raleado; se extrajo casi la mitad del área basal para postes y leña.

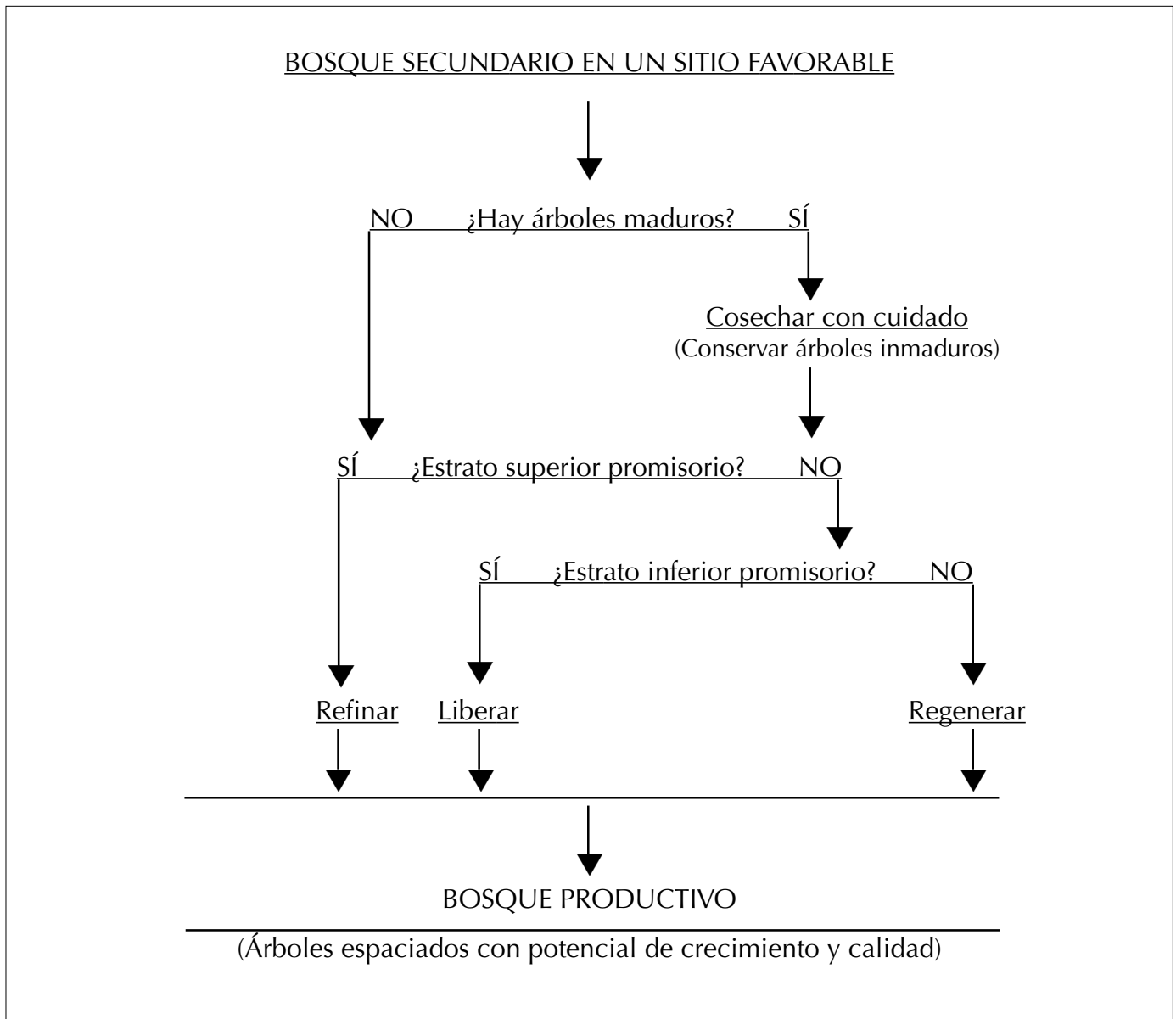


Fig. 4-11. — *Lugar del refinamiento en la silvicultura de bosques secundarios (Wadsworth 1966).*

árboles inmaduros del dosel no son adecuados para producir una futura cosecha, la atención se fija, entonces, en el estrato inferior. Si este es adecuado en cuanto a calidad y densidad de especies, se procede a un tratamiento de liberación para eliminar el estrato superior parcial o totalmente, extraer árboles y trepadoras indeseables, o bien, ralear los árboles de futura cosecha. En los bosques típicos, se necesita más de un tratamiento. Por ejemplo, en Ghana, el sistema de selección reacondicionó los rodales después del aprovechamiento, liberando incluso las copas. Sin em-

bargo, esto por sí sólo no conduce (y aún menos asegura) el desarrollo de un bosque seleccionado de edades uniformes (Osafo 1970).

El refinamiento de bosques irregulares ha sido exitoso, bajo condiciones favorables en los bosques dipterocarpáceos del Extremo Oriente, donde la extracción se controla cuidadosamente y los ciclos de corta son largos (Liew 1973b). En casi todos los demás sitios, sin embargo, la preservación de la irregularidad se ha desacreditado, como se describió anteriormente en este capítulo.

El refinamiento se ha extendido muchísimo, abarcando zonas cada vez más vastas de bosques manejados en terrenos no aptos para la agricultura o para plantaciones forestales. Esta alternativa silvicultural se ha favorecido porque es menos cara que las demás prácticas, como la replantación; por lo que, bajo ciertas circunstancias, constituye el manejo más ganancioso (Earl 1975). Si el bosque se modifica gradualmente y se conservan sus componentes naturales, aún cuando el objetivo es la uniformidad, el refinamiento se desvía de la naturaleza en forma muy conservadora. Según se indica en el Apéndice E, esta alternativa se originó en el trópico hace muchos años.

Desde 1880, el refinamiento ha variado mucho a través del tiempo y ha abarcado cientos de miles de hectáreas. De 1910 a 1947, en lo que hoy es Malasia, el refinamiento incluía la corta de lianas, raleo y eliminación del crecimiento secundario (Baur 1964a). En 1927 era evidente que la falta de seguimiento había causado grandes pérdidas; la distribución de árboles inmaduros de buenas especies no era uniforme; el anillamiento no siempre era efectivo; cambios en los mercados hacían que los postes obtenidos por anillamiento no tuvieran salida. Se cambió, entonces, el sistema por las cortas de mejoramiento de la regeneración, cuyo propósito era promover la regeneración y la mejora de los rodales existentes; o sea, se volvía al sistema dosel protector. En 1930, se inició la práctica de talar árboles para postes, donde había mercado; dos años más tarde se aplicaba una corta ligera de semillas, una limpieza 3 o 4 años después, una segunda corta de semillas en el séptimo año, una limpieza en el noveno y una corta final en el décimo, más las limpiezas que fueran necesarias (Paul 1953).

En 1939, casi 80 000 ha habían sido sometidas a cortas de regeneración o mejoramiento en Malasia; los estudios de posguerra demostraron que había aumentado la proporción de especies de *Shorea* (crecimiento rápido). La expectativa era alcanzar una productividad futura de casi 5 m³/ha/año con una rotación de 70 años, la cual, aunque no tan alta como la de las plantaciones, debía producir bosques mucho más valiosos que los anteriores (Baur 1964a). Después de la Segunda Guerra Mundial, cuando se comprobó que las plántulas y brinzales de ciertas especies dipterocarpaceas podían sobrevivir a las malezas, se dio un cambio dramático hacia la tala rasa.

En el antiguo Zaire, se mantuvo la estructura irregular. Se permitió el desarrollo natural del 80 al 90% de los

bosques, y se plantaron franjas bien espaciadas de especies seleccionadas (Paul 1953). En las regiones del África de habla francesa, el hecho de que la abundancia de especies deseables después de la tala generalmente era irregular condujo al abandono de la regeneración natural, en favor de plantaciones en el sotobosque. En Nigeria se reconoció en 1927 que la regeneración generalmente se daba en parches, por lo que se replantó en espacios abiertos para complementar las cortas de mejoramiento. Severas talas rasas generaron un crecimiento impenetrable de malezas, por lo que los períodos de limpieza de malezas y corta de trepadoras se extendieron más y más hasta que en 1952 ya se habían efectuado durante 21 años. La experiencia en Ghana fue semejante. En ambos países era evidente que el éxito de los tratamientos de refinamiento dependía de una regeneración adecuada desde el principio.

El refinamiento se aplicó en Surinam (Jonkers y Hendrison 1986). Inicialmente incluía la corta de lianas y el envenenamiento de árboles indeseables con >5-10 cm dap. Las plántulas y brinzales de especies comerciales crecieron demasiado despacio para poder competir. El incremento diamétrico de los árboles más grandes fue de 1 cm o más, pero el costo de las prácticas de manejo era excesivo, por lo que se efectuó un cambio de sistema a favor de las plantaciones.

Poco después, aún las plantaciones se abandonaron, debido al alto costo de las prácticas de limpieza, plantado y cuidado (Jonkers y Hendrison 1986). A continuación, se efectuaron pruebas para un manejo policíclico de intensidad reducida en bosques naturales aprovechados. El refinamiento se programó en los años 1, 8 y 16 después de la extracción. Solo se envenenaron árboles con dap >20 cm. Las reducciones programadas del área basal para el primer tratamiento fueron de 28 a 12 m²/ha; para el segundo tratamiento, siete años después, de 20 a 10 m²/ha; para el tercer tratamiento, 15 años después, de 18 a 15 m²/ha.

La última reducción del área basal podría requerir el envenenamiento de 100 árboles por hectárea (Jonkers y Schmidt 1984). El incremento diamétrico de los árboles remanentes debe continuar por 8 a 10 años, cuando se aplicarán tratamientos de seguimiento. El incremento diamétrico medio anual era de 9 a 10 mm. Tres tratamientos con intervalos de varios años entre uno y otro cuestan casi 7 días-hombre por hectárea. Se espera que la cosecha, después de 20 años, sea de 13,5 árboles por hectárea, en comparación con una cosecha de sólo 2,7, árboles después de 25 años sin tratamiento.

Junto con la técnica de refinamiento, se encuentra una técnica de extracción intensificada llamada “sistema CELOS” (por la sigla de la institución que le dio nombre, Centrum voor Landbouwkundig Onderzoek en Surinam), cuyo fin es reducir el daño a los árboles inmaduros (Jonkers y Hendrison 1986). Inventarios preliminares, mapeo, trazados de sendas y supervisión directa de la dirección de caída y del arrastre de los troncos, redujeron significativamente el daño de la extracción. Donde se extrajeron 3,4 árboles comerciales por hectárea, el 82% de los árboles restantes, no sufrieron daño. Donde se extrajeron 16,2 árboles, el 65% quedaron sin dañar.

Un estudio reciente de la respuesta al refinamiento en bosques altos (Synnott 1979) demostró que, bajo ciertos límites, las reducciones en densidad y área basal mediante la tala y/o el envenenamiento podría acelerar el crecimiento de los árboles remanentes lo suficiente como para compensar la reducción del área basal. Bajo estas circunstancias, se registró un aumento en el crecimiento neto del área basal por unidad de área al efectuarse reducciones del área basal.

No está de más repetir que las cortas de mejoramiento son de carácter temporal, y que se efectuaban principalmente para utilizar el producto aprovechado (Troup 1921). El refinamiento no es un sistema silvicultural en sí mismo, ya que no asegura cosechas sucesivas. Aunque el refinamiento repetido de bosques secundarios debería gradualmente aumentar la cantidad de especies útiles y sus semillas, no asegura el desarrollo de una nueva cosecha, capaz de sobrevivir a la tala del estrato superior.

Invariablemente, el refinamiento deja al bosque más abierto, al eliminar los árboles indeseables y estimular el crecimiento de los árboles remanentes. La eliminación de árboles relictos puede crear claros grandes en el dosel, los cuales podrían estimular (o de repente ahogar) el crecimiento de brinzales existentes que podrían formar la cosecha siguiente. También pueden hacer que el piso forestal se seque más y sea más caliente.

Donde el objetivo del refinamiento es el manejo monocíclico, la cosecha final debe ser total, produciendo efectos de exposición y extracción similares a los de las plantaciones. Sin embargo, si se produce una regeneración avanzada y la extracción se controla cuidadosamente, un nuevo cultivo adecuado

de árboles jóvenes puede sobrevivir y proteger el sitio después de la cosecha.

Las especies tropicales favorecidas deben ser no solo muy productivas y potencialmente comerciales, sino también enteramente compatibles con el sitio, en vez de simplemente tolerantes. Todavía no se dispone de conocimientos ecológicos y técnicos sobre las especies y sitios necesarios para hacer que los refinamientos sean totalmente efectivos. Hasta ese entonces, todas las especies de buena apariencia se deben preservar para su uso futuro, a medida que se obtiene mas información sobre ellas.

El refinamiento para maximizar la producción de madera útil, reduce la representación de más de la mitad de las especies de árboles, y por lo tanto, reduce la diversidad del bosque. Una simplificación tal podría poner al ecosistema en serio peligro. Por ello, quizás sea razonable dejar los árboles de las especies del estrato inferior y ciertas especies no comerciales del estrato superior, tales como Palmaceae y especies oportunistas, (hasta que los efectos se comprendan mejor), extrayendo sólo los árboles que claramente dominan a los de futura cosecha; con ello se produce poco o ningún sacrificio en el rendimiento de madera útil.

Los rendimientos del refinamiento quizás sean menores que los que se obtienen con tecnologías más intensivas, pero las inversiones requeridas también son más bajas, más a tono con los recursos financieros disponibles (Palmer 1975).

Un complemento del refinamiento en los bosques coníferos tropicales es la quema para liberar al estrato inferior de la acumulación de desechos que servirían de combustible para un incendio incontrolable durante la época seca y ventosa. La quema se debe hacer bajo condiciones climáticas favorables. En laderas empinadas, la quema podría aumentar el escurrimiento superficial del agua y causar pérdidas de sedimento. Una quema de baja intensidad en un bosque natural de *Pinus oocarpa* en Honduras, en laderas de 10° a 40°, aumentó el escurrimiento superficial de 1,7 a 5,0% y la pérdida del sedimentos de 80 a 1732 kg/ha/año (Hudson *et al.* 1983).

Todavía no se cuenta con datos adecuados sobre el rendimiento de los bosques refinados, como para predecir los límites máximos de productividad de

madera. Sin embargo, se necesitarán mayores rendimientos en el futuro. Una manera de aumentar los ingresos generados es concentrar los esfuerzos sólo en los mejores sitios disponibles, o bien, mercadear especies poco usadas de crecimiento rápido. Con eso también podría aumentar el número de rodales aptos para el refinamiento.

Idoneidad del cultivo. La experiencia en materia del refinamiento, así como la silvicultura en bosques tropicales secundarios, muestran más lo que no se debe hacer que lo que se debe hacer. Como en el caso de la silvicultura, sin embargo, no siempre es claro que las plantaciones constituyen una mejor alternativa en todos los sitios. Al mejorar los mercados y aumentar el valor de más productos forestales y especies de árboles, mucho de lo que se hacía en el pasado, ahora se haría de forma distinta. Al aumentar la comprensión del público sobre lo valiosos que son los bosques tropicales, aparte del valor de sus productos, se reconoce que la preservación y el manejo de los ecosistemas tropicales forestales son imprescindibles para el bienestar humano. Es poco probable que las necesidades por productos del bosque disminuyan; por eso, las siguientes secciones de este texto extraen de las experiencias del pasado, los regímenes y prácticas de refinamiento forestal que merecen mayores estudios y ensayos, en busca del manejo sostenible óptimo de los bosques y todos sus valores.

La cantidad de árboles de futura cosecha en un rodal denso e inmaduro depende de las necesidades finales de espaciamiento y de la mortalidad esperada durante la rotación. Pocos árboles de tamaño de exportación conforman la densidad final de un rodal. Para 1469 árboles de 15 especies de árboles grandes del bosque muy húmedo de Puerto Rico, la razón promedio del diámetro de copa/dap es de casi 20, para árboles de 20 a 40 cm dap, con extremos de 5 y 39 (Fig. 4-12). Con un área basal de 25 m²/ha y una razón de diámetro de copa/dap de 20, en una hectárea no caben más de 90 árboles bien iluminados, de 60 cm dap. En bosques manejados, la mortalidad es notablemente baja (Dawkins 1961c, Wilkinson 1960). Por lo tanto, la cantidad de brinzales y latizales necesarios para asegurar una densidad total no debe ser más de dos o tres veces la cosecha final. Dawkins (1958c) calculó la cantidad de árboles que, según él, se necesitan para obtener una densidad total con base en un dap de 80 cm en Uganda (Cuadro 4-10).

En bosques mixtos, las prácticas de manejo se concentran en la eliminación de árboles de valor pobre por su especie o forma (Dawkins 1961c). Este método, además de demostrar que los árboles manejados sobreviven bien, sugiere que con sólo 100 brinzales y latizales por hectárea, se pueden obtener una densidad total de árboles de 60 cm dap. En Ghana, Danso (1966) consideró que valía la pena aplicar tratamientos silviculturales en rodales con 22 a 25 fustes por hectárea de especies comerciales con 10 a 80 cm dap. Sin embargo, puntualizó que debido a que probablemente estos árboles ocurren en grupos densos, se deben ralear antes de alcanzar la madurez.

En Filipinas, donde por lo general existe un exceso de árboles con dap de 20 a 70 cm antes de la primera cosecha, el objetivo ha sido salvar el 60% (Tagudar 1965). En Indonesia, la cantidad de árboles para la siguiente cosecha varía de 25 por hectárea para árboles con dap de \$ 35, hasta 40 por hectárea para árboles de \$ 20 cm dap (Soerianegara 1970). En Surinam, de 200 a 500 árboles juveniles (dap entre 10 y 20 cm) por hectárea se aceptaron como adecuados. Se establecieron franjas de 2 m de ancho con espaciamientos de 10 a 20 m, orientadas de este a oeste (Boerboom 1966). Si el objetivo es obtener árboles maduros más pequeños, se podría dejar una mayor cantidad para la cosecha final (125 árboles por hectárea con dap de 50 cm), pero debido a una mortalidad menor, la misma cantidad de árboles bien espaciados puede ser adecuada.

En los bosques secundarios es preferible tener una densidad menor, antes que asumir el costo de regenerar en forma artificial para lograr una densidad total. Por consiguiente, es mejor manejar una cosecha con menos

Cuadro 4-10.—Cantidad de árboles que corresponden a una densidad total en bosques de Uganda	
Dap (cm)	No. árboles por hectárea
0-10	2,000-25,000
10-20	200-400
20-50	100-150
50-80	50-75
>80	35-50
Fuente: Dawkins 1958c.	

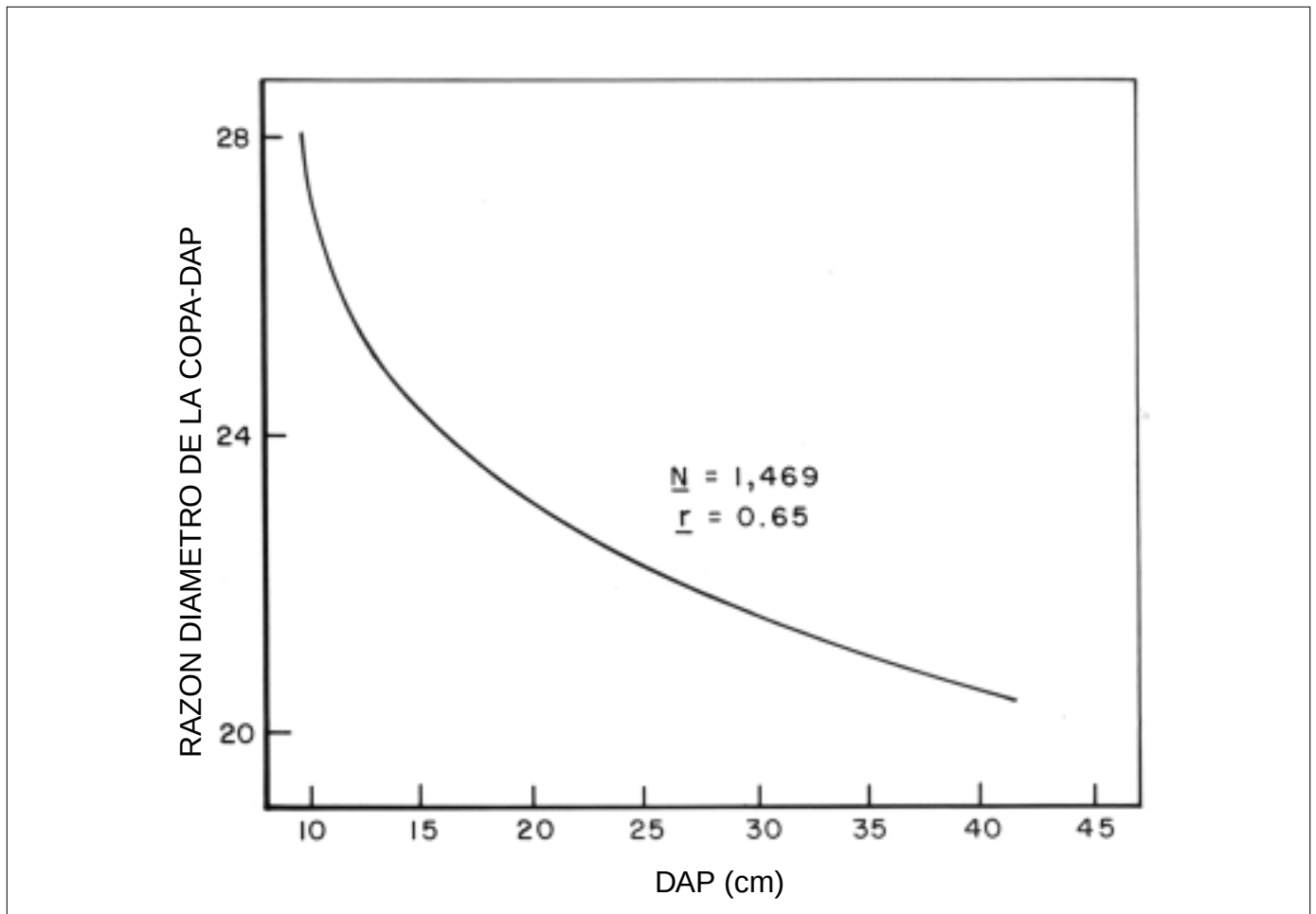


Fig. 4-12.—La razón de la uniformidad del diámetro de la corona al dap para árboles cuyo dap es > de 20 cm (Wadsworth 1987).

árboles que podrían rendir una rentabilidad más alta, que comenzar de nuevo con árboles plantados. Según Wyatt-Smith (1960d) en Malasia, el 40% de la densidad de plántulas en el momento de la tala correspondía al 55% de los brinzales cinco años más tarde, cantidades mínimas según sus consideraciones.

En bosques secundarios que surgen en zonas aclaradas, el estrato superior por lo general parece tener poco potencial productivo. Comúnmente, es una mezcla de árboles pioneros mal formados, muchos de los cuales son de pequeño tamaño cuando maduran. El estrato inferior es el que debería recibir mayor atención, pues podrían aparecer brinzales de especies de etapas sucesionales más avanzadas, provenientes de semillas recientemente introducidas por animales. Algunos

podrían producir madera comercial, y si se los libera temprano, podrían mostrar un crecimiento rápido.

La proporción de bosques secundarios de densidad adecuada en los trópicos húmedos puede ser mayor de lo que generalmente se supone. Un levantamiento sistemático de 97 000 ha de bosques secundarios y plantaciones de café abandonadas, de al menos diez años de edad en Puerto Rico demostró que casi 52 000 ha tenían una densidad adecuada de árboles de 21 especies potencialmente comerciales en el mercado local (aunque no de exportación) (Wadsworth y Birdsey 1985). Además, 24 000 ha tenían una densidad de 100 latizales o más por hectárea (176 en promedio) de 12,5 a 27,5 cm dap, y 28 000 ha tenían 250 brinzales o más por hectárea (725 en promedio), de 2,5 a 12,5 cm dap.

Identificación de la cosecha maderera. El énfasis de las cortas iniciales de mejoramiento era eliminar árboles en vez de estimular su crecimiento. Eso reflejaba una mayor confianza en la identificación de árboles de poco valor, que en la selección de los que quizás serían más valiosos en el futuro. Debido a que los árboles de los bosques naturales por lo general crecen agrupados, la eliminación de los que son poco valiosos se consideraba un paso infalible hacia una mayor productividad de los que quedaban. Sin duda, un tratamiento tal realzaría la productividad maderera futura. Sin embargo, esta estrategia generalmente ignoraba la posibilidad que los claros provocados dejarían microambientes vacíos poco adecuados para las especies madereras, o para el hábitat requerido por la fauna capaz de contribuir al bienestar del bosque. También, pocas veces se pensó en la efectividad de este tipo de mejoramiento en función de los costos.

Recientemente, el tratamiento se ha concentrado en estimular los árboles que, se esperaba, habrían de formar la cosecha siguiente. Esto presupone la identificación con toda certeza de los árboles en cuestión. Para efectuar la identificación, se necesita una serie de calificaciones mínimas con las que tales árboles deben cumplir. El criterio básico de la selección es que las especies de árboles deben ser de tamaño uniforme al alcanzar madurez, tener buena forma, ser tolerantes a la competencia, mantener una buena tasa de crecimiento, estar libres de insectos y enfermedades y tener buenas propiedades madereras. Las siguientes consideraciones deben guiar la selección de las especies:

1. Incluir especies de distintas características y aún de dudosa utilidad futura, con el fin de preservar la estabilidad del ecosistema y anticipar cambios en materia de valores.
2. Incluir especies de árboles cuyos productos complementan y no compiten con las especies de plantaciones.
3. Incluir especies de árboles que crecen en la naturaleza hasta un diámetro mayor del tamaño deseado para la cosecha, para que la madurez se alcance durante la época de mayor vigor juvenil.
4. Incluir especies de troncos derechos, lo cual es una ventaja aún para leña.

Freezaillah (1984) indica que el 93% del volumen del bosque tropical consiste de especies poco conocidas. Gran parte de este volumen se pierde, lo que sugiere que con el desarrollo de mercados se lograrían ganancias potenciales. Las maderas perecederas pueden ser tratadas con preservantes; los árboles pequeños y las maderas mediocres, son ahora productos comerciales.

Los mercados de exportación de nuevas especies se desarrollan gradualmente, a medida que se garantiza un suministro constante de madera. Para el mercado local, debe crearse una capacidad de procesamiento, preferiblemente de productos más valiosos que las astillas.

La posibilidad de que muchas especies de árboles todavía no usadas puedan ser usadas una vez que los rodales actuales maduren, se apoya no sólo en lo que ha pasado anteriormente, sino también en estudios actuales. Los bosques cerrados de Sudamérica contribuyen a la economía de sus países muy por debajo de su potencial (Ramos de Freitas *et al.* 1987). Investigaciones sobre las propiedades y procesamiento de las maderas prometen un aumento en la productividad del 10 al 30%, sin efectuar grandes inversiones.

Entre los cientos de especies de árboles disponibles, algunas sin duda continuarán siendo mucho más útiles, sin importar lo grande que sea la demanda por madera en el futuro. Esto sugiere que la simplificación en la composición natural de los bosques secundarios tropicales debería aumentar su productividad. Tal simplificación, si se está al cuidado de consecuencias ecológicas adversas, debería hacer que los siguientes tratamientos silviculturales sean más prácticos y comprensibles. Un enfoque usado por el autor para clasificar especies de árboles en Paraguay por su uso potencial aparente ilustra el proceso. En total, en los bosques húmedos del este de Paraguay se encontraron 230 especies maderables, las cuales se clasificaron según la información existente (aunque incompleta):

- Especies de árboles que en condiciones naturales no crece más de 50 cm dap, o que generalmente no tienen un tronco derecho de al menos 6 m -152 (Clase VII) (quedan 78).
- Especies de maderas poco prometedoras para la elaboración de productos útiles -8 (Clase VI) (quedan 70).

- Especies cuyas maderas son claramente inadecuadas para usos industriales, como producción de muebles, contrachapado y construcción -10 (Clase V) (quedan 60).
- Especies de maderas cuya idoneidad para usos industriales es desconocida -17 (Clase IV) (quedan 43).
- Especies adecuadas para la construcción, pero no para la producción de muebles o enchapados -9 (Clase III) (quedan 34).
- Especies cuyas maderas se consideran aceptables para producir muebles o enchapados pero que son pesadas o difíciles de trabajar; su gravedad específica varía de 0,71 a 0,90 -12 (Clase II) (quedan 22).
- Especies cuyas maderas se consideran de calidad superior para la fabricación de muebles y enchapados; su gravedad específica es de 0,40 a 0,70 -22 (Clase I).

Con este sistema de clasificación, casi el 10% de las maderas del bosque se encuentra en la Clase I. En total, el 19% se ubica en las tres clases de utilidad industrial. Un 7% adicional es de posible utilidad industrial y un 4% no es de utilidad industrial. El resto parece que no producirá más que fibra o leña, ambos productos forestales de poco valor en regiones húmedas. La cantidad total de especies de árboles que posiblemente sean útiles en el futuro es 70; el 30% del total. Otras especies podrían tener cierto valor como madera rolliza, pulpa o leña, pero las primeras 70 especies quizás sean igualmente idóneas para estos propósitos. Un sistema de clasificación como este es una buena guía para la evaluación preliminar de la calidad de los bosques secundarios. Se deben considerar, además, los valores de los demás productos, como palmitos, frutas, o bien, especies críticas para el hábitat de la fauna silvestre.

El rechazo de especies de madera pesada es más justificable que el rechazo de especies de madera liviana, debido al uso cada vez mayor de fibras, y a las rotaciones más cortas que favorecen a las especies de madera liviana y crecimiento rápido. La madera de balsa (*Ochroma lagopus*) es una de las más livianas y de mayor demanda en el mundo, por esa misma razón. De hecho, gran parte de la balsa encontrada en bosques secundarios es menos comercial debido a su mayor densidad. Sin embargo, probablemente siempre será difícil comercializar maderas

livianas y jugosas. La demanda por maderas más densas podría aumentar en el futuro, debido a su contenido energético potencial, pero sólo si crecieran lo bastante rápido como para producir rendimientos energéticos altos por unidad de tiempo.

Muchas de las especies potencialmente útiles son poco usadas debido a que su escasez en los bosques. Tales especies no deben ser ignoradas en el manejo del bosque, pues con tratamientos apropiados se pueden volver abundantes.

Las características apropiadas para profundizar en la clasificación de especies incluyen: ubicuidad, abundancia en sitios disponibles, tamaño al alcanzar madurez, forma, potencial de crecimiento en condiciones de densidad total, resistencia al viento, facilidad de regeneración, libre de pestes y enfermedades y reacción a los tratamientos silviculturales. La mayoría de las especies pueden presentar una o más de estas características; pero quizás ninguna reciba notas altas en todas. Para muchas especies no se cuenta con la información completa. La clasificación inicial siempre es temporal, pero tiende a mejorar a medida que se entiendan mejor las características y usos silviculturales de la especie. Mientras tanto, es posible que sólo las especies con posibilidades similares se ubiquen erróneamente en la lista de especies seleccionadas. Además, las especies dudosas rara vez se eliminan completamente mediante el tratamiento, así que hay tiempo para efectuar ajustes.

Aún los esquemas más liberales de clasificación de especies reconocen sólo una fracción de las especies arbóreas como apropiadas para uso industrial: en Paraguay, el 19%; en Puerto Rico, el 16%. Por consiguiente, al discriminar entre especies, el refinamiento repetido podría reducir el número de especies arbóreas en los bosques productivos, entre un quinto y un sexto del número original. Mayores refinamientos para favorecer sólo a las especies preferidas conducen a bosques casi puros al final de la rotación.

Aunque tal simplificación podría parecer favorable, no necesariamente es sostenible. En casos extremos, podría aproximarse finalmente al monocultivo, con el correspondiente riesgo de inestabilidad. Por lo tanto, mientras los estudios indiquen preferencias o tolerancias relativas a los micrositios para cada especie arbórea, el refinamiento debería preservar una mezcla de especies adaptadas.

La productividad de los bosques secundarios es afectada tanto por la estructura como por la composición del rodal. Para un manejo policíclico, la meta debería ser grupos de árboles de tamaño parecido, en cantidad igual al número de ciclos de corta de la rotación; la cantidad de árboles en cada grupo debe mostrar una tendencia de Liocourt positiva. Para un manejo monocíclico, la meta es un sólo período de cosecha; por eso, es conveniente seleccionar los árboles en términos de la sincronía entre el tiempo probable de maduración y el tiempo previsto para la cosecha.

Producir troncos largos y derechos es crítico para el rendimiento de la madera industrial, y de valor para los demás productos, aún la leña. Muchas especies latifoliadas del neotrópico dejan de crecer en altura comercial cuando los árboles todavía son pequeños, pues el factor determinante para el mercadeo de troncos es la bifurcación, en vez del diámetro. La tendencia de la altura comercial a permanecer constante después de haber alcanzado un dap de 10 cm es evidente en datos de 1600 árboles de 15 especies en los bosques húmedos de Puerto Rico (Cuadro 4-11). Un árbol con un tronco útil demasiado largo quizás simplemente refleje una sombra más pesada durante su juventud, pero quizás también sea genéticamente superior; una característica que merece ser favorecida en los árboles de cultivo y en su progenie.

Las tasas de crecimiento esperadas son de carácter crítico para la productividad de árboles bajo manejo. Sin embargo, dichas tasas de crecimiento todavía no son confiables como base para la selección. Los anillos del crecimiento en la madera de la mayoría de las especies no son suficientemente característicos como para permitir la determinación de la tasa del

crecimiento. Es raro encontrar comparaciones de las tasas de crecimiento, reales o esperadas, basadas en mediciones repetidas de los árboles. Se deben elegir unidades que expresen el crecimiento del árbol para evitar distorsiones. Palmer (1975) indica que el crecimiento diamétrico de árboles grandes y pequeños no son comparables, ni en términos porcentuales, ni absolutos. Según Palmer, el crecimiento del área basal es una mejor medición que el diámetro, ya que la primera se relaciona estrechamente con el volumen, y comúnmente es proporcionalmente lineal en el tiempo. Concluye que el crecimiento del área basal como porcentaje quizás sea una mejor medición aún, porque el área basal del tronco aparentemente está relacionada en forma lineal con los recursos energéticos y nutrimentos (superficie de raíces y copa). El crecimiento del área basal como porcentaje parece reflejar la productividad maderera neta por unidad de superficie forestal ocupada y, por lo tanto, la eficacia relativa con que cada árbol utiliza su espacio. En un estudio de 24 años de 1600 árboles de 14 especies en los bosques húmedos de Puerto Rico, el promedio del crecimiento del área basal, expresado como porcentaje, fue razonablemente constante para árboles de 10 a 40 cm dap.

El crecimiento libre durante largos períodos, o en grupos, puede variar poco entre especies (Palmer 1975). Sin embargo, la gran variación a veces observada entre un árbol y otro sugiere un potencial de crecimiento desconocido, que quizás sea explicado por el especialista en silvicultura. El crecimiento rápido de ciertos árboles puede explicarse, en parte, por el crecimiento más lento de los otros; en la medida en que se compruebe que esto es verdad, el crecimiento de los árboles manejados podría no beneficiarse con la extracción de los árboles menos prometedores de crecimiento lento.

Una circunstancia, que generalmente se pasa por alto en la evaluación del crecimiento diamétrico es que se subestiman los promedios, porque sólo los árboles cuyo crecimiento es más rápido que el promedio son los que eventualmente se cultivan. El cuartil superior es el más sugerente.

El estudio de 1600 árboles en los bosques húmedos mixtos de Puerto Rico demostró que el crecimiento máximo del área basal (como porcentaje) de los árboles con dap de 10 cm era muy por encima del promedio (Fig. 4-13). A los 24 años, el área basal de 43 árboles de

Cuadro 4-11.—Altura comercial por dap de 1600 árboles de 15 especies del bosque húmedo de Puerto Rico		
Dap (cm)	Altura comercial (m)	
	Promedio	Máxima ^a
20	5.0	9.8
30	6.3	11.1
40	7.0	11.8
Fuente: Wadsworth 1987.		
^a Límite superior del 95% de la productividad.		

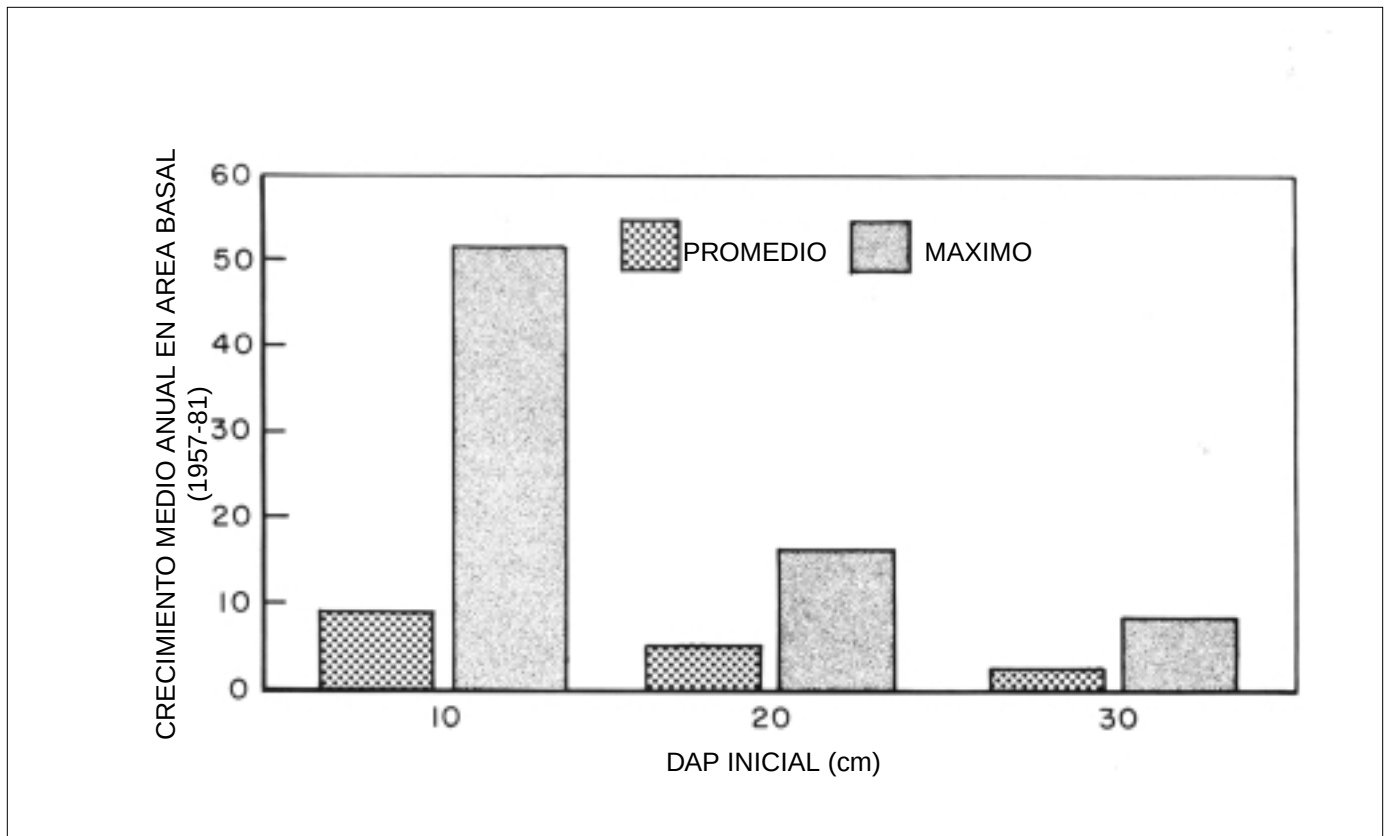


Fig. 4-13.—Promedio del crecimiento comparativo y máximo de 1.600 árboles de un bosque húmedo mixto de Puerto Rico (Wadsworth 1987).

la misma especie, todas en la misma posición intermedia en el dosel y todas con un dap de 10 a 30 cm, variaba de 0,7 a 6,9% por año, un rango de casi diez veces. En ese mismo bosque, el intento por relacionar el crecimiento del área basal de árboles individuales a los 24 años, expresado como porcentaje, con el área basal de los árboles circundantes, determinada con un prisma tridióptrico (Three-diopter prism), explicó solo el 0,1% de la variación, lo que sugiere que la tasa de crecimiento del árbol y la densidad del bosque circundante no están relacionadas. Estudios de 16 especies de árboles en 22 bosques en Uganda revelaron la existencia de algunos árboles cuyos diámetros crecían 25 veces más rápido que los demás (Dawkins 1964a). Se llegó a la conclusión que los árboles de crecimiento más rápido eran los genotipos más eficientes ubicados en los micrositios más favorables.

En un estudio de 512 árboles en bosques muy húmedos subtropicales mixtos de Puerto Rico, se descubrió que el

crecimiento del área basal de árboles individuales era aproximadamente igual en dos períodos consecutivos de 12 años (ambos entre huracanes). Esto sugirió que cada árbol, una vez liberado después de un período inicial pero indeterminado de supresión, llena el espacio disponible en el dosel y en el nicho del suelo y luego aumenta el área basal del tronco a una tasa relativamente constante. A partir de este supuesto, se derivó un período de crecimiento hipotético para cada uno de esos árboles, dividiendo el área basal del tronco por el promedio anual de crecimiento del área basal registrado durante los 24 años anteriores, y sustrayendo la cantidad de años resultante para indicar cuando había comenzado a crecer, suponiendo que siempre había crecido aproximadamente a la misma tasa. El ejercicio mostró que grandes cantidades de árboles parecían haber comenzado a crecer en el momento en que el bosque fue azotado por huracanes en el pasado: 1899, 1916, 1928 y 1932. Eso sugiere que la hipótesis tiene cierto mérito. Si es así, el crecimiento actual de los árboles en los bosques estables podría reflejar el tamaño

de un nicho relativamente constante, en términos del espacio disponible para la raíz y copa del árbol, desde el momento de su liberación.

Ya se ha descrito la falta de correlación entre el crecimiento de árboles individuales y la densidad del rodal circundante. Las grandes variaciones en la productividad aparente de árboles individuales, descubiertas en Uganda y en Puerto Rico, son virtualmente independientes de la densidad del bosque (Dawkins 1964a). En Nigeria, el área basal de los árboles alrededor de árboles seleccionados explicó no más del 11% de la variación en el crecimiento, y generalmente mucho menos (Lowe 1966). En rodales raleados, donde se trató de medir el grado de competencia de ese modo, se comprobó que esta contribuía aún menos a la variación en el crecimiento. Se eliminó, entonces, la variación por especies y se enfocó el estudio en especies de *Khaya*, pero aún así no se pudo distinguir una influencia significativa del área basal o del número de árboles circundantes contados con relascopio en el crecimiento de los árboles de futura cosecha (Kemp y Lowe 1973). Una explicación posible de esta paradoja aparente es que la tensión competitiva tiende a igualarse, y que la densidad del rodal es mayor en los micrositios buenos. Este hecho podría compensar cualquier tendencia hacia una relación inversa entre la densidad del rodal circundante y el crecimiento de los árboles de futura cosecha en ecosistemas cerrados.

Investigaciones más profundas en Nigeria, por medio de análisis de patrón (pattern analyses), demostró que el crecimiento del área basal de los árboles circundantes era un mejor índice de competencia que la suma de los diámetros o las áreas basales (Lowe 1971). La baja densidad parecía beneficiar a los estratos inferiores y a los árboles intermedios y codominantes, más que a los árboles dominantes o suprimidos.

La posición de las copas en el dosel del bosque también se ha sugerido para predecir las tasas de crecimiento. Wadsworth determinó una estrecha relación entre la posición en el dosel y el crecimiento diamétrico promedio (1947b). En los bosques muy húmedos de Puerto Rico, los árboles codominantes crecían tanto como el 92% de los dominantes, el 65% de los intermedios y el 35% de los suprimidos.

Un cono invertido de 90° con el ápice en la base de la copa se concibió en Uganda como medio de expresar

matemáticamente el grado de exposición de la copa (Anón. 1956d). Sin embargo, se encontró que una gran proporción del crecimiento era independiente de esa medida (Dawkins 1964a). Los únicos árboles de crecimiento rápido eran los claramente dominantes o de copas muy grandes (Dawkins 1958c). Bajo la cima del dosel, la posición de la copa no parecía tener gran significado en las tasas de crecimiento.

La posición del árbol en el dosel no es un índice confiable en la predicción del crecimiento debido a la influencia que ejerce el tamaño, ya los árboles dominantes o expuestos tienden a ser grandes y los suprimidos pequeños. Un estudio con *Khaya* en Nigeria demostró que la posición del árbol en el dosel afectaba significativamente la regresión entre el área basal inicial y el crecimiento subsiguiente del área basal (Lowe y Walker 1977). Otros estudios en Nigeria no comprobaron que el vigor de los árboles dominantes era inherente; la superioridad de su crecimiento fue mucho menor en los clones, a los cuales les faltaba la variación genética (Lowe 1971).

Cuando se relaciona el crecimiento del árbol con el espacio requerido (eso es, se expresa en términos del crecimiento anual del área basal, como porcentaje del área basal media), se resalta la eficacia relativa de los árboles codominantes e intermedios. Un estudio de 14 especies madereras en los bosques húmedos de Puerto Rico durante el período 1958 a 1982, demostró que en árboles inicialmente dominantes y codominantes el promedio anual de incremento del área basal era de 3,6%; 2,9% para los intermedios y 2,1% para los suprimidos.

Las dimensiones de la copa, como expresión de la superficie foliar por árbol, también se han estudiado como índice del crecimiento de los árboles. La idoneidad de la superficie total de la copa con este fin se estudió detalladamente en Uganda (Anón. 1956d, Dawkins 1958c). Las copas se clasificaron con base en su capacidad de crecimiento aparente o necesidad de liberación. Se consideraron perfectas las copas amplias, circulares y profundas; sin embargo, se tuvo poco éxito al tratar de correlacionar el crecimiento individual de un árbol con los factores de la copa (Dawkins 1963a). En Nigeria, una fuerte correlación entre el diámetro de copa y del tronco tendió a confundir la relación entre el diámetro de copa y el crecimiento (Kemp y Lowe 1973, Lowe 1966); por ello, no se pudo atribuir una variación significativa en el crecimiento individual del árbol

solamente al diámetro o a la altura de la copa (Lowe 1967a).

El diámetro inicial del árbol, o área basal, es el único índice significativo para pronosticar el crecimiento del árbol; y en eso, los árboles de los bosques naturales no parecen diferir mucho de los que se encuentran en rodales puros de la misma edad (Lowe 1966). Un estudio de bosques naturales y retoños de teca demostró que el área basal inicial explicaba casi el 70% de la variación en el crecimiento basimétrico de árboles individuales (es decir, que gran parte del crecimiento aparentemente resultó ser función del tamaño inicial). Un estudio con *Khaya* en Nigeria demostró que el área basal inicial daba cuenta del 54 y 60% de la variación en el crecimiento del área basal en períodos de 6 y 14 años respectivamente (Lowe y Walker 1977). Otro estudio determinó que el crecimiento rápido atribuido a los grandes árboles era aplicable a todos los árboles, no sólo a los árboles de futura cosecha (Palmer 1975).

Otras variables se han considerado como índices de predicción, causas o resultados de distintas tasas de crecimiento de los árboles en bosques secundarios. Mervart (1969) indicó que la reacción de los árboles individuales puede cambiar con el tiempo o con la edad. Ruehle (1972) sugiere que se ha subestimado la importancia de las raíces sanas; según él, los nemátodos, parásitos de las plantas, podrían suprimir a los hongos simbióticos, tales como las micorrizas, que como se sabe, están presentes en las raíces de la mayoría de las especies arbóreas. En Nigeria se determinó que una infestación de trepadoras estaba relacionada con la tasa del crecimiento (Lowe y Walker 1977). Estudios de 234 árboles de especies dipterocarpáceas demostraron que la variación en la gravedad específica de la madera constituía un índice del crecimiento pasado (Virtucio 1976); se descubrió que la gravedad específica reflejaba el 51% de la variación del crecimiento basimétrico y el 48% del crecimiento volumétrico. Cuanto más ligera la madera, más rápido el crecimiento.

La falla de los índices de predicción lógicos ha hecho que se ponga atención a las características morfológicas de los árboles. En los bosques muy húmedos de Puerto Rico, se observó que los árboles de crecimiento rápido tenían troncos derechos, sin lesiones ni epífitas (Wadsworth 1953). En el oeste de Nigeria, también se descubrió que si se incluía la forma del tronco, las predicciones del crecimiento eran mejores de las que se

basaban en el área basal solamente (Lowe y Walker 1977). Cuanto mejor la forma del tronco tanto más rápido el crecimiento.

Estos distintos estudios hasta ahora no han demostrado ningún criterio único, universal y confiable para predecir las tasas de crecimiento relativas del árbol "A" en comparación con las del árbol "B". Al contrario, demuestran claramente que los árboles individuales pueden mostrar crecimientos muy distintos, a pesar de las causas percibidas, tales como factores del sitio, especie, tamaño y densidad de los árboles vecinos. Algunas conclusiones e hipótesis interesantes se desprenden de muchos de estos estudios:

- El crecimiento del árbol puede ser tan fortuito como para frustrar cualquier intento de interpretarlo sistemáticamente (Mervart 1969, citado por Palmer 1975).
- Un enfoque de árboles individuales para predecir el crecimiento es de poco potencial práctico en bosques tropicales que contienen diversas especies y edades (Gerrard 1968).
- Las proyecciones del rodal con base sólo en el crecimiento medio (tiempo promedio que tarda un árbol en pasar de una clase de tamaño a la siguiente) son erróneas para árboles individuales. El paso de una clase diamétrica a otra no afecta el desempeño de un árbol individual en la clase anterior. Sólo los peores y mejores árboles tienden a permanecer en la misma categoría (Lowe 1977, Mervart 1972).
- La reducción del error total en los cálculos de crecimiento mediante el análisis de regresión de las relaciones crecimiento/diámetro, es de posibilidad limitada (Mervart 1972).
- El efecto de "allanamiento" producido por períodos largos de mediciones no debe ser sobrevalorado. Las tendencias cambiantes en el crecimiento de árboles individuales tienden a hacer que la variación del crecimiento agregado sea casi igual a la de los períodos más cortos (Mervart 1972).
- Dentro del rodal, los árboles aparentemente establecen rápido un "orden jerárquico" de tasas de crecimiento, el cual varía con la tolerancia a la sombra, situación que es imposible de alterar mediante tratamientos silviculturales.

- La silvicultura quizás solo siga un patrón ya establecido por el rodal mismo. Desvíos de ese patrón podrían dañar el crecimiento total del rodal (Lowe 1966).
- Sólo una liberación muy temprana puede tener algún efecto en las tasas de crecimiento (Lowe 1966).
- El crecimiento de ciertos árboles no se logra modificar significativamente ni aún con manipulaciones drásticas del dosel (Dawkins 1963a).
- Si se comprueba que la influencia esperada de los tratamientos silviculturales en el crecimiento de los árboles de bosques secundarios es limitada, entonces tales tratamientos deben basarse en alternativas de manejo rentables para la región, en vez de en los beneficios para el rodal (Lowe 1966).

Como es evidente, la búsqueda de criterios para predecir con exactitud el crecimiento de árboles individuales no ha tenido éxito. Por consiguiente, el proceso de seleccionar y aplicar tratamientos a los árboles de futura cosecha todavía no ha alcanzado su potencial, como método de aumentar la productividad de los bosques tropicales secundarios. Hasta que esto sea posible, la productividad de los bosques secundarios ha de sufrir, en comparación con la productividad de las plantaciones. Sin embargo, aún donde las plantaciones son alternativas factibles, los bosques secundarios siguen siendo de carácter complementario, fuentes de distintas maderas y de otros beneficios necesarios. Además, la liberación temprana y repetida de los árboles de futura cosecha, aún cuando su selección haya sido imperfecta, podría aumentar los rendimientos.

Hasta que la selección de árboles de futura cosecha según el crecimiento esperado tenga éxito, otros criterios más obvios podrían reportar beneficios en bosques que hasta ahora no han sido tratados. En tales bosque tropicales secundarios, las primeras medidas que se toman generalmente involucran mejoras en la composición, estructura y espaciamiento de los árboles. La selección de árboles bajo esta modalidad no debe sesgarse contra los árboles de rápido crecimiento, de manera que el proceso al menos no sea disgénico. Es urgente, entonces, encontrar mejores índices de predicción; y entre los que ameritan mayores estudios está el tamaño absoluto de la copa o su relación con el dap.

Evaluación de la regeneración. Debido a que la mayoría de los esfuerzos para la regeneración de bosques tropicales naturales se han concentrado en el hemisferio oriental, las técnicas de evaluación del manejo forestal para la producción de madera no se han aplicado extensamente en el neotrópico. Por esa razón, esta sección describe en cierto detalle las prácticas usadas en otras partes del mundo, que quizás sean de aplicación en esta región. El énfasis de los sistemas del hemisferio oriental centrado en las plántulas y brinzales, además de los latizales y árboles más grandes parece igualmente apropiado para la América tropical. Además, el éxito de las técnicas de diagnóstico más recientes del Oriente sugieren que quizás se puedan adaptar universalmente.

La densidad adecuada y la distribución horizontal de los árboles de cultivo y la necesidad de efectuar prácticas de cultivo se evaluaron mediante varias técnicas de muestreo. En 1944, la evaluación de la reproducción natural en la India había desarrollado un “factor para establecer la densidad” (Prasad 1944a). La muestra básica consistía de una parcela cuadrada de 2 x 2 m en la cual se contaban las plántulas y brinzales establecidos (<3 m de altura), además de los árboles establecidos (>3 m de altura) de las especies de interés. La altura media de los brinzales establecidos, dividida por 3 m y multiplicada por el porcentaje de parcelas con árboles establecidos, permitió establecer el factor de densidad.

El muestreo diagnóstico, que comenzó a usarse en lo que hoy es Malasia alrededor de 1950, permitió mejorar las prácticas de conteo, en uso desde 1930 (Barnard 1950a). En 1952, los muestreos de regeneración se empleaban en lo que hoy es Camerún para distinguir entre las zonas que se debían dedicar a la regeneración natural o al plantado (Morellet 1952).

En Malasia se aplicó un muestreo sistemático como tarea preliminar para el enriquecimiento de bosques talados, porque se descubrió que la regeneración natural, abandonada durante la Segunda Guerra Mundial, estaba dando resultados (Wyatt-Smith 1958b). Se usaron comúnmente tres niveles de muestreo (Barnard 1954, Majid y Wyatt-Smith 1958). Se establecieron parcelas de muestreo lineales de un milésimo de acre (LSM ‘*linear sampling millacre*’), (4 m² o 0,0004 ha) antes de la tala para inventariar la regeneración de brinzales de especies comerciales hasta una altura de 1,5 m. Se eligió

un árbol de futura cosecha por parcela. Se aceptó como densidad adecuada cuando había un árbol seleccionado en al menos el 40% de las parcelas LSM; o sea, 1000 árboles seleccionados por hectárea.

Después de la cosecha, se establecieron parcelas de muestreo lineal de un cuarto de cadena (LS 1/4), (aproximadamente 5 m², o 0,0025 ha) para constatar la densidad, composición, desarrollo y posición competitiva de los brinzales y latizales comerciales de 1,5 m de altura a 10 cm dap. Una densidad se consideró adecuada si el 60% o más de las parcelas tenían al menos un árbol seleccionado; o sea, 240 árboles por hectárea.

De cinco a diez años después de la cosecha, se midió un tercer juego de parcelas. Se trató de parcelas de muestreo lineal de media cadena (LS 1/2), (casi 10 m², o 0,01 ha) diseñadas para constatar el estado de los brinzales y árboles comerciales de ≈30 cm dap. El 75% o más de las densidades se consideraron aceptables, lo que correspondía a 75 árboles por hectárea. Las muestras LS 1/2 proporcionaron los siguientes datos: 1) densidad y composición del rodal total; 2) densidad, composición, tamaño y distribución de los árboles de futura cosecha; 3) urgencia y grado de tratamiento requeridos por los árboles de futura cosecha (Wyatt-Smith y Vincent 1963). Las parcelas LS 1/2 muestrearon el 10% del bosque, y se establecieron en líneas con espaciamientos de 200 m entre una y otra. Se establecieron de manera permanente en el campo para permitir la remediación a intervalos de 10 a 20 años. Cada árbol seleccionado fue calificado, según la siguiente escala:

- 5 = Árbol suprimido por árboles más grandes y desarrollados de la misma calidad, ubicados fuera del área de muestreo.
- 4 = Buena copa capaz de mejorar con tratamiento, el cual no es urgente y quizás innecesario.
- 3 = Buena copa, aunque no llena, mejoraría con un aumento inmediato de luz, pero una demora de hasta cinco años es posible.
- 2 = Copa deficiente, requiere un tratamiento moderado inmediato.
- 1 = Copa pobre, requiere un tratamiento drástico e inmediato.

0 = Copa muy mala, probablemente incapaz de reaccionar al tratamiento.

El muestreo diagnóstico fue introducido de Malasia a Uganda y Queensland, Australia (Dawkins 1961c). En Uganda, se buscaba: 1) evaluar la condición del rodal; 2) evaluar si la regeneración era adecuada y capaz de reemplazar el producto a ser cosechado; 3) determinar qué tratamiento se necesitaba; o 4) determinar el manejo apropiado para establecer y desarrollar el bosque (Hughes 1961). Este sistema fue diseñado para proporcionar un juego de parcelas permanentes que facilitaran la toma de mediciones cuando fuera necesario, y para establecer un sistema de registros que asegurara información exacta y análisis rápidos.

La parcela de muestreo estándar era de 10 x 10 m, o sea de 0,01 ha; las parcelas se ubican en líneas separadas por 400 m entre una y otra (Dawkins 1958f, 1958e). La mitad de las parcelas a ambos lados de la línea se dividieron en dos parcelas de 5 x 5 m (0,0025 ha). También se programaron submuestreos con el propósito de medir las existencias de plántulas de hasta 1,5 m de altura (0,001 ha); brinzales de 1,5 m de altura hasta 20 cm dap (0,00625 ha); latizales de 30 a 50 cm dap (0,0125 ha) y árboles con dap >50 cm (0,025 ha) (Walker 1962). En cada parcela de 10 x 10 m se escogió un "deseable sobresaliente" y se contó el número de tallos con dap igual o superior al deseable sobresaliente. Para cada deseable sobresaliente se registró la clase diamétrica, posición de la copa y grado de independencia.

También en lo que hoy es Malasia se desarrolló un muestreo lineal para evaluar los árboles inmaduros, el cual ya ha sido descrito en detalle (Barnard 1950b). Se supuso que los bosques de densidad total contenían 2500 plántulas (de menos de 1,5 m de altura) por hectárea; 400 brinzales (de más de 1,5 m de altura y dap de hasta 10 cm) por hectárea, o 100 latizales (con dap de 10 a 50 cm) por hectárea. El tamaño de parcelas cuadradas a lo largo de transectos adyacentes para cada una de las tres clases, se fijó según la proporción correspondiente de una hectárea por árbol; o sea 1/2500, 1/400 y 1/100 ha. Para muestreos intensivos, las parcelas a lo largo de los transectos se separaron de 100 m, lo que corresponde a muestreos del 2, 5 y 10%, respectivamente para los tres tamaños de parcela. Para muestreos extensivos, la distancia entre parcelas para el conteo de plántulas a lo largo de los transectos se fijó en 400 m, o una muestra del 0,5%. Para brinzales y

latizales, la distancia entre parcelas era de 200 m y 2,5 y 5,0% la intensidad de muestreo respectiva. En las parcelas de muestreo de brinzales, se registraron los tamaños de 1,5 a 3,0 m de altura; de 3,0 m de altura hasta 5 cm dap, y de 5 a 10 cm dap. En el caso de los latizales, las clases de tamaños se registraron con base en el dap: de 10 a 20 cm, 20 a 30 cm, 30 a 40 cm y 40 a 50 cm. Ya que un árbol seleccionado por parcela cubre la densidad total, el grado de densidad en el área corresponde al número de parcelas de densidad total, expresado como porcentaje del total de parcelas. En las parcelas donde hubo un árbol secundario, este se seleccionó y se registró también (Barnard 1950b).

Según Hutchinson (1991) el muestreo diagnóstico es una operación para calcular la productividad potencial de un rodal. Hutchinson usó el muestreo diagnóstico en América tropical para los siguientes propósitos:

- Establecer las prioridades al comenzar operaciones silviculturales para optimizar la productividad y planificar donde aplicar cada operación.
- Esbozar una secuencia inicial apropiada de operaciones silviculturales.
- Estimar el ciclo de corta general, en relación con las clases de árboles deseables en crecimiento.

Hutchinson señaló que el muestreo diagnóstico se debe efectuar en cinco pasos:

1. Establecer cuadrados representativos de 10 x 10 m, al menos 100 y preferiblemente más.
2. Registrar los mejores árboles con diámetro mayor al mínimo de corta; anotar especie, estado de salud y calidad del tronco.
3. Clasificar el deseable sobresaliente en cada cuadrado, como árbol, brinjal o plántula. Lo ideal es seleccionar un árbol antes que un latizal. Si no existe ninguno, registrar que la parcela está vacía; distinguir entre cuadrados potencialmente productivos y permanentemente improductivos.
4. Registrar el dap del deseable sobresaliente.
5. Registrar la clase de iluminación de la copa del deseable sobresaliente (vertical y lateral, vertical, vertical parcial, oblicua, indirecta).

Al resumir estos datos se obtiene información sobre los árboles listos para cosechar, árboles grandes de futura cosecha comercial, densidad de árboles grandes no comerciales y árboles defectuosos que impiden el desarrollo de los brinzales y la iluminación adecuada de los deseables sobresalientes.

En los bosques pluviales del norte de Queensland, la técnica usada son parcelas cuadradas de 5 x 5 m, establecidas en forma contigua y lineal (Nicholson 1972), y se registran todos los árboles con ≈ 20 cm dap.

Vinculado al muestreo diagnóstico se halla el muestreo dinámico, el cual mide los cambios de gran escala a que están sometidos los bosques en el tiempo. Este se desarrolló en Queensland; es un tipo de inventario forestal continuo, basado en parcelas permanentes situadas sistemáticamente a través de todos los bosques productivos, y medidas por equipos permanentes a intervalos regulares (Dawkins 1961c). Los tamaños de las parcelas generalmente eran de 0,08 ha en Queensland, 0,4 ha en la península malaya y 1 ha en Uganda y Sabah (Dawkins 1961c). Con énfasis en los árboles de futura cosecha, tales muestreos pueden proporcionar una gran cantidad de datos de manejo con un mínimo de gastos.

Mejoramiento de la composición. Los esfuerzos silviculturales iniciales en los bosques tropicales mixtos, comúnmente se han orientado hacia el aumento de la representatividad de las pocas especies más deseables, a expensas de las grandes cantidades de especies inferiores (Wyatt-Smith 1958a). El potencial de esta práctica se ve en los bosques húmedos de Surinam, donde sólo un tercio de las especies en crecimiento, con dap mayor a 35 cm, estaba compuesto por especies comerciales (Schulz 1967).

Ya en la Octava Conferencia Silvicultural de toda la India, en 1951, se manifestaron inquietudes sobre las consecuencias de la eliminación de especies (Rosayro 1952). La conferencia advirtió que cualquier tratamiento más intenso que las cortas de selección en bosques perennes se debía hacer con la plena conciencia del grave riesgo en que se incurría, al perturbar el delicado equilibrio ecológico existente y causar cambios irreversibles en la composición florística de los bosques, en detrimento de la productividad a largo plazo. Una advertencia anterior se había hecho en lo que hoy es Malasia, en el sentido de que las especies generalmente eliminadas con las prácticas de cultivo, deberían dejarse

en mezclas con merantis (Mead 1937). También se sugirió que se debía dejar un estrato inferior de especies no comerciales para reducir el riesgo de epidemias.

En la India, el sistema de selección, según la opinión de los críticos que se oponían a él, parecía un modo de ocultar las modificaciones drásticas a las que se sometían los bosques (Stracey 1959). Las cortas de selección seguidas por talas y anillamientos para favorecer la cosecha futura, traían como efecto una tendencia a producir rodales de tamaño uniforme de unas pocas especies. Stracey se oponía a la eliminación radical de todas menos unas pocas especies valiosas. Un período de transición más largo, pensaba, permitiría la formación de un rodal de muchas especies con un perfil irregular, más deseable. Wyatt-Smith (1958a) reconoció los riesgos, pero aseguró que no era posible basar desde el principio, las prescripciones silviculturales en estudios ecológicos que hasta entonces sólo habían producido resultados tentativos.

El refinamiento inicial de los bosques pluviales de lo que hoy es Malasia, incluyendo tala de trepadoras y envenenamiento de árboles demasiado maduros, defectuosos e inferiores, afectó significativamente la composición del bosque dominante y subdominante (Wyatt-Smith 1958c). En los cinco años después del tratamiento, el porcentaje de árboles deseables aumentó de 58 a 64%, mientras que en bosques sin tratamiento, el porcentaje se redujo de 57 a 38%.

Es posible que árboles de poco o ningún valor comercial sean dominantes en los bosques tropicales secundarios, y que su eliminación en un sólo tratamiento provoque rupturas grandes e indeseables en el dosel, que vienen a ser ocupadas por especies similares o trepadoras capaces de ahogar a los árboles de futura cosecha. Es preferible eliminarlos mediante anillamiento o envenenamiento, pues así los claros aparecen en forma gradual y son más pequeños. Donde el aprovechamiento es muy intenso, los claros pueden ser tan grandes y tanto el daño al crecimiento deseable que podría ser necesario tomar medidas especiales, como la replantación, para asegurar que el crecimiento deseable alcance una posición dominante con rapidez.

Las experiencias en los bosques secundarios de Puerto Rico confirman una vez más hasta qué punto la representatividad de especies deseables resulta de un primer tratamiento de refinamiento. En un bosque de brinzales y latizales, cerca de un buen mercado de leña,

el tratamiento registró un aumento en la representatividad de especies madereras deseables del 33%. Seis años más tarde, el incremento volumétrico del rodal bajo tratamiento sobrepasó al del rodal sin tratamiento en un 9% (Marrero y Wadsworth 1951). La primera corta de mejoramiento en los rodales más avanzados de un bosque secundario húmedo en Puerto Rico eliminó el 75% de los árboles de las especies indeseables y un mayor porcentaje del área basal (Cuadro 4-12). El raleo de las especies deseables fue de aproximadamente un 28%. Aunque el área basal residual era baja, todavía quedaban suficientes árboles deseables (suponiendo que estaban bien espaciados) para llegar a dominar el rodal entero con la aplicación de mayores tratamientos. El dap promedio de las especies deseables se redujo de 16,3 cm a 15,7 cm, lo que indica que el tamaño de algunos de los árboles deseables eliminados sobrepasaba el tamaño promedio, pero que eran de mala forma. El aumento de la razón volumen/área basal (m^3/m^2) indica que se incrementó la altura promedio utilizable del tronco de los árboles deseables restantes.

Liberación. La acción de liberar significa soltar o poner en libertad. Desde el punto de vista silvicultural, la “liberación” es una corta que libra a un árbol joven de la competencia que enfrenta desde arriba (Ford-Robertson 1971). Si se practica regularmente, la liberación puede maximizar las tasas de crecimiento en los bosques naturales.

La liberación es el objetivo principal de una amplia gama de tratamientos de refinamiento. Es la razón principal por la cual se eliminan los árboles relictos, y quizás sea el motivo principal de aplicar prácticas de manejo a los rodales inmaduros. La liberación se funda en la creencia común de que el crecimiento diamétrico del árbol está directamente relacionado con la posición de su copa, e inversamente relacionado con el hacinamiento, o área basal del rodal (Dawkins 1957). Sin embargo, hay anomalías pronunciadas; por ejemplo, se han visto árboles emergentes de crecimiento estancado, al lado de árboles subordinados de la misma especie que siguen creciendo; ambos, aparentemente, con copas de la misma calidad (Dawkins 1961c).

La liberación rara vez es el único objetivo del tratamiento silvicultural. Al efectuar prácticas de manejo en bosques tropicales secundarios, no es suficiente dedicarse sólo a liberar a árboles individuales de la competencia (Dawkins 1958c), sino que se debe tomar

Cuadro 4–12.—Mejorea en la composición del rodal mediante el refinamiento en un bosque secundario húmedo de Puerto Rico

Índice	Antes del tratamiento	Después del tratamiento
No. de árboles/ha $\oplus 10$ cm dap		
Deseables	430.0	311.0
Otros	368.0	91.0
Porcentaje de deseables	54.0	77.0
Área basal (m ² /ha)		
Deseables	9.0	6.0
Otros	6.0	1.0
Porcentaje de deseables	60.0	86.0
Dap promedio para los deseables (cm)	16.3	15.7
Razón volumen/área basal de deseables (m ³ /m ²)	2.6	3.0

Fuente: Anón. 1958i.

en cuenta el rodal entero. Este concepto implica que se debe retener una mayor cantidad de árboles, algunos aparentemente menos productivos que otros, para favorecer cierto equilibrio en cuanto al tamaño de los árboles o la diversidad de las especies.

Se ha ensayado la liberación de los árboles jóvenes más extensamente en el hemisferio oriental. En la India, las prácticas de manejo (que incluyen la liberación) se aplicaron en la década de 1940 cada vez que la regeneración natural estaba presente, y se continuaron hasta la etapa del latizal (Griffith 1947). En Malasia, se efectuaron cortas de selección en 1937, antes de un aprovechamiento comercial parcial de árboles dominantes, para ayudar a la regeneración (Wyatt-Smith 1961a). En los bosques de dipterocarpáceas de Sabah (Nicholson 1965b), la mejor secuencia de tratamientos ha sido: 1) corta de trepadoras y marcado de árboles 1 a 2 años antes de la corta, 2) anillamiento y envenenamiento de 3 a 6 años después de la corta, 3) liberación y otros refinamientos al cultivo emergente de 10 a 15 años después de la corta (Fox 1972, Hepburn 1973). El impacto de la liberación se ve en un bosque aprovechado en 1958, y envenenamiento de árboles relictos poco después (Fox 1972). El área basal promedio era 19 m²/ha en 1966, antes de liberar 395 árboles de futura cosecha por hectárea. La eliminación de todos los árboles competidores significó 8 m²/ha del área basal, o casi el 45% del rodal, dejando un área basal de 9 m²/ha de árboles de futura cosecha.

Los bosques pluviales de Queensland generalmente producen suficiente regeneración como para hacer que la liberación sea preferible al reemplazo (Henry 1960). Los bosques aprovechados pueden tener un área basal de casi 50 m²/ha, de la cual casi un tercio pueden ser especies comerciales. Los troncos inútiles se eliminan, y si es necesario, se efectúa una liberación adicional. En Uganda, la liberación de la regeneración avanzada se ha practica en gran escala (Earl 1968) debido a las dificultades enfrentadas por las plantaciones en línea y en grupo. Se marcan los árboles deseables bien formados con pintura y los carboneros eliminan todos los árboles sin marcar, con lo que se evitan daños posteriores.

El tratamiento de liberación en el neotrópico se inició en Guayana, Puerto Rico, Surinam y Trinidad. En este último, el mejoramiento de los bosques degradados en suelos arenosos mediante el refinamiento comenzó en 1932 (Beard 1944b). La regeneración natural al principio tuvo que ser librada de la competencia de pastos y trepadoras. Más tarde, se eliminó el exceso de rebrotes, se redujo la competencia entre los brinzales y se erradicaron las palmas. Después de cuatro tratamientos a lo largo de diez años, la cantidad de brinzales de especies económicamente valiosas con 5 m o más de altura alcanzó un promedio de más de 70 árboles por hectárea. Más recientemente, la tala rasa de los bosques de mora (*Mora excelsa*) en Trinidad ha sido abandonada a favor de una densidad irregular; para

ello, después de la cosecha inicial se dejaron árboles de futura cosecha, que han sido liberados durante 10 a 15 años (Bell 1972).

En Trinidad se han usado las razones diámetro de copa/dap de árboles deseables para determinar el espaciamiento y el área basal máxima según la exposición de copa (Bell 1971). Bajo un sistema de espaciamiento triangular que permite que las copas circulares se toquen (utilizando el 91% de la superficie total del terreno), una razón de copa de 17 para *Sterculia* corresponde a un área basal deseable máxima de 32 m²/ha. Para *Dacryodes*, cuya razón de copa/dap es 19, el área basal deseable máxima sería 25 m²/ha, y 23 m²/ha para las Lauraceae, cuya razón de copa/dap es 20.

En América del Sur, los datos sobre las cortas de liberación provienen principalmente de Surinam. Un estudio de 1958 (Anón. 1959j, 1961e) demostró que sólo una liberación ligera indujo la germinación y el crecimiento vigoroso de especies oportunistas, como *Goupia*, *Qualea*, *Schefflera* y *Simarouba*. Los brinzales y latizales de las especies preferidas requieren una segunda liberación. El costo total de las prácticas de manejo se consideraba excesivo, así que el tratamiento se aplicó sólo en franjas orientadas de este a oeste de 1 a 3 m de ancho, separadas por distancias inversamente relacionadas a la abundancia de la regeneración deseable, generalmente de 10 a 20 m. Dentro de estas franjas, se cortaron todas las malezas y las especies indeseables con dap de 10 a 20 cm, pero no se abrieron grandes claros (Boerboom 1964). Algunas veces se podaron los árboles de futura cosecha. Las franjas se trataron dos veces en los primeros dos a tres años, después de la primera corta de liberación. Tres o cuatro años más tarde, después que la mayoría de los árboles envenenados habían desaparecido, se eliminaron los deseables pequeños e inapropiados. No existen evidencias de que, desde el punto de vista económico, esta práctica sea exitosa, pero estimula la regeneración de especies exigentes de luz que deben madurar en un período de 30 a 40 años.

Antes de 1960, se efectuaron pruebas de liberación a lo largo del Amazonas (Pitt 1961b). Los resultados fueron prometedores con *Virola*, una especie cuya regeneración ya estaba presente en parches, y *Goupia*, una especie poco usada en Surinam, pero prometedora que surge en los claros del dosel de los bosques bajos del Amazonas.

En Puerto Rico, las prácticas de liberación evolucionaron desde juicios totalmente subjetivos a algo más adecuado (Wadsworth 1947a, 1958). Entre 1930 y 1950, se dio énfasis a la reducción de la densidad mediante la eliminación de lo que parecían árboles improductivos, incluso árboles maduros y sobremaduros, de forma pobre y de especies inferiores. No todos los bosques no productivos podían ser eliminados con un sólo tratamiento sin incurrir en una seria invasión de malezas. En 1958, las directrices imperantes eran las siguientes:

- Aplicar tratamientos sólo en bosques donde las copas de los árboles se tocan.
- Limitar los claros del dosel a diámetros de 8 m, a excepción de donde se requiere la eliminación de un sólo árbol grande. No se deben eliminar árboles adyacentes a tales claros.
- Cosechar o eliminar árboles con dap >50 cm, pero sólo selectivamente en grupos densos de especies comerciales.
- Maximizar la representatividad de especies deseables para madera aserrada en la próxima cosecha.
- Mantener una mezcla de especies deseables para la próxima cosecha.
- Tratar de mantener una estructura equilibrada, con áreas basales aproximadamente iguales en cada clase diamétrica de 10 a 50 cm.
- Eliminar árboles que dominan a árboles de futura cosecha.
- Dejar un espacio libre de 2 m como promedio para las copas de los deseables.
- Eliminar especies inútiles y las que sólo se pueden usar como leña.

Sólo los bosques que contienen al menos 100 árboles por hectárea con ≥ 10 cm dap, constituidos por especies deseables recibieron tratamientos silviculturales en Puerto Rico. Se demarcaron provisionalmente cuarteles de prueba abarcando superficies cuadradas de 0,04 ha en forma lineal con 20 m de separación. Dentro de cada cuadrado se seleccionaron hasta diez árboles de futura

cosecha, los cuales debían estar en una lista de 25 especies, tener un dap de 10 a 50 cm, un tronco derecho de al menos 5 m, y una distancia de al menos 2 m de otro árbol de futura cosecha. Para seleccionar los árboles se dio prioridad a su posición en la lista de especies; sin embargo, para preservar la diversidad, no se seleccionaron más de cuatro por especie, a menos que el número total fuera menos de diez. Luego, los árboles se jerarquizaron de acuerdo con su altura comercial, dap y la regularidad de su espaciamiento. A continuación, se liberó cada árbol eliminando a todos los competidores que no fueran árboles de futura cosecha y cuya altura era igual o mayor que la del árbol seleccionado, y cuya posición era más cercana que el espaciamiento indicado en el Cuadro 4-13.

El cuadro 4-13 se elaboró empíricamente mediante observaciones y otros datos sobre el área basal máxima que permite un crecimiento rápido del árbol individual. El área basal máxima tolerable es menor para los árboles pequeños que para los que están alcanzando la madurez. En el momento en que se desarrollaba este cuadro, todavía no se reconocía la influencia de la razón diámetro de copa/dap, pero se descubrió más tarde que los espaciamientos seleccionados (triangulares) correspondían estrechamente al área basal máxima deseable de la especie principal, *Dacryodes excelsa*, con base en su razón de copa/dap de 19. Las razones para un grupo de especies son: 26 para árboles de 10 cm dap y 20 para árboles maduros (dap de 60 cm). En el cuadro, las separaciones mínimas se han redondeado para facilitar su uso en el campo.

Cuadro 4-13.—Guía del espaciamiento para la liberación de árboles de futura cosecha en Puerto Rico	
Suma de diámetros (cm) ($D + d^a$)	Separación mínima (m)
20–39	3
40–59	5
60–79	7
80–99	8
>100	9
Fuente: Wadsworth 1958.	
^a D = dap de un árbol de futura cosecha y d =dap de cada uno de sus vecinos no manejados.	

Un bosque liberado por esta técnica quizás no tenga una apariencia tan linda como la de otro en que se han eliminado todos los árboles aparentemente no productivos, porque quedan los árboles que no interfieren con los de futura cosecha. Sin embargo, ya que esos árboles son de menor altura que los de futura cosecha, no se cree que su presencia disminuya la productividad, por lo que su eliminación inmediata se considera innecesaria. Si no se los toca, aportan diversidad y quizás ayuden a estabilizar el ecosistema y posiblemente aún a aumentar el valor comercial.

En Puerto Rico se buscaba repetir la liberación a intervalos de diez años. A medida que los árboles restantes crecen, una mayor cantidad de árboles que no pertenecen a la futura cosecha inciden en el espacio requerido por estos, por lo que deben ser eliminados. Tarde o temprano, se debe elegir entre los árboles de futura cosecha, y eliminar los excedentes (o cosecharlos si son de tamaño comercial). Los que estén menos sincronizados en cuanto a la fecha eventual del aprovechamiento son los que menos vale mantener en el rodal.

Esta técnica silvicultural quizás parezca compleja e impráctica. Los equipos de campo pueden estimar el dap y el espaciamiento de la mayoría de los árboles casi que al ojo, midiendo sólo los que se aproximan a los límites. En Sarawak, donde el sistema ha sido aplicado a miles de hectáreas, los equipos han abandonado el trazado de mapas para las parcelas, y juzgan el espaciamiento de los árboles deseables con base en su experiencia inicial.

Los resultados del tratamiento en términos de rendimiento y ganancias financieras todavía no se conocen. El tratamiento inicial quizás requiera 5 d/ha con un equipo de tres personas. Los tratamientos subsiguientes requieren menos tiempo, si los árboles de futura cosecha mantienen sus marcas de pintura y hay una menor cantidad de árboles por extraer.

En Sarawak, una técnica similar, es el “raleo de liberación”. Se seleccionan los árboles de futura cosecha en rodales talados de dipterocarpáceas en colinas. Luego, se libera cada árbol, reduciendo el área basal que lo circunda para estimular un crecimiento rápido, como en Puerto Rico (Hutchinson 1980). Este tratamiento casi inmediatamente estimula el crecimiento de los árboles expuestos a la luz directa del sol (Cuadro 4-14). El aumento del crecimiento promedio

Cuadro 4-14.—Respuesta de las dipterocarpáceas a la liberación en Sarawak (cm)

Clase diamétrica	Incremento diamétrico medio anual durante 4 años	
	Sin liberar	Liberado
10–14	0.57	0.79
20–24	0.52	0.72
30–34	0.54	0.72
40–44	0.61	0.79
50–54	0.71	0.88
60–64	0.81	0.98

Fuente: Bryan 1981.

fue del 29%; en contraste, los árboles que habían estado dominados presentaron un incremento de 125 a 160%.

Las cortas de mejoramiento no siempre se adecúan a las expectativas. El supuesto de que tales tratamientos acelerarían el crecimiento de los buenos árboles del bosque residual y estimularían la regeneración de especies seleccionadas no fue válido en todas partes. Se necesitan más pruebas para demostrar que la manipulación del dosel para mejorar la posición de la copa de un árbol grande aumentaría el crecimiento, o que al reducir el área basal circundante se obtendría un efecto similar.

En los bosques dipterocarpáceos de Filipinas, los resultados de las cortas de mejoramiento han sido más favorables. El tratamiento de bosques residuales mediante la corta de trepadoras, anillamiento de árboles defectuosos y liberación de árboles seleccionados

aumentó el crecimiento tres veces, lo que augura un ciclo reducido (Utleg y Reyes 1967). Pero en Sabah durante los primeros cinco años después de la liberación, la aceleración del crecimiento de los árboles grandes no fue el esperado (Fox 1972). Sin embargo, los brinzales con dap de 10 cm o menos, si reaccionaron positivamente a la liberación.

La aplicación del raleo de liberación de Hutchinson (1993a) a bosques secundarios mixtos en Costa Rica produjo aún mayores evidencias de un crecimiento inicial acelerado, como resultado del tratamiento. El incremento basimétrico porcentual se duplicó en 17 meses.

Todavía no se ha pronunciado la sentencia sobre la magnitud y duración de los efectos de la liberación, pero estudios recientes continúan indicando que los cultivos liberados maduran más rápido que los no liberados. Según Uebelhor *et al.* (1989), las dipterocarpáceas de Filipinas liberadas de las copas de árboles competidores, redujeron las rotaciones, con un dap de 60 cm, entre 10 a 15 años, y que los beneficios fueron mayores para los árboles más pequeños. Según informes del Consejo Internacional de Maderas Tropicales –ITTC, por sus siglas en inglés- los resultados de la liberación de dipterocarpáceas en colinas de Sarawak a los ocho años, sugieren reducciones de cinco a diez años en el ciclo de corta (Anón. 1990b).

En Nigeria, la corta de trepadoras después de la extracción y el envenenamiento de árboles en la mitad del dosel superior liberaron 16 especies de valor económico (Cuadro 4-15). La gran cantidad de árboles grandes hace que una regeneración decreciente tenga poco significado.

Cuadro 4-15.—Cambios postcosecha en un rodal de 16 especies económicamente valiosas liberadas mediante la corta de trepadoras y envenenamiento de la vegetación a media altura del dosel superior, en Nigeria

Tamaño del árbol		Número de árboles por hectárea	
Altura (m)	Dap (cm)	Inmediatamente después del aprovechamiento	Seis años más tarde
0–1	— ^a	51	23
1–3	— ^a	118	36
3	10	63	129
— ^a	10–60	19	34

Fuente: Henry 1956.

^aSin medir.

Un estudio de dos parcelas liberadas de 0,1 ha en un bosque subtropical muy húmedo de Puerto Rico prueba una aceleración rápida (Anón. 1953b). Inmediatamente después de la liberación, estas parcelas tenían 1961 árboles por hectárea con dap de >5 cm (en promedio 12,2 cm) y un área basal de 23 m²/ha. Cinco años más tarde, las mismas parcelas tenían 2601 árboles por hectárea (640 ingresos) y un área basal de 30 m²/ha. El crecimiento anual promedio del dap fue de 0,34 cm/año para todos los árboles y 0,58 cm/año para los dominantes y codominantes. El volumen subió de 101 m³/ha a 140 m³/ha, o 7,8 m³/ha/año.

Otra prueba en Guayana (John 1961), determinó el promedio del crecimiento de tres clases de dosel de *Virola surinamensis* durante 18 meses después de la liberación (Cuadro 4-16). En este estudio, al contrario de lo que sucedió en Nigeria, los árboles subordinados aceleraron su crecimiento mucho más que los dominantes.

En Surinam, el envenenamiento de los árboles indeseables hasta un dap de 10 cm, estimuló el crecimiento de todos los árboles hasta 50 cm (Schulz 1960). Algunos de los árboles de crecimiento rápido, tales como *Goupia glabra*, cuyas alturas eran de 5 m o más, podrían liberarse adecuadamente con un sólo tratamiento. Para árboles más pequeños el tratamiento se debe repetir; especialmente para especies exigentes de luz, como *Schefflera morototoni* y *Simarouba amara* (Schulz 1967). La eliminación del estrato superior puede aumentar diez veces el crecimiento de la altura de los brinzales y latizales de las especies deseables.

Synnott (1979) al revisar los resultados generales, pero especialmente los del África, llegó a la conclusión de

que la tala o el envenenamiento producen un crecimiento medio más rápido en todos los árboles remanentes, incluyendo a los deseables sobresalientes y grupos de especies individuales. Hubo un caso, en que el crecimiento más rápido de los árboles restantes hizo más que compensar los efectos del área basal reducida, de tal modo que el crecimiento neto del área basal aumentaba mientras que el área basal original se reducía.

La liberación, y todos los tratamientos de refinamiento, es cara y conduce a rendimientos futuros lejanos. Un análisis en Sarawak, sin embargo, añade una dimensión importante a estos beneficios. Laursen (1977) concluyó, que el aumento del crecimiento debido a la liberación en los bosques residuales talados de Sarawak, podía por último generar diez días de empleo por año para el procesamiento primario de la madera, por cada día de trabajo dedicado al tratamiento.

Raleos. Los raleos son cortas efectuadas en rodales inmaduros, principalmente para aumentar el crecimiento del diámetro, pero también para mejorar la forma de los árboles remanentes (Ford-Robertson 1971). A pesar de esta amplia definición, el término “raleo” por lo general se aplica a rodales donde los árboles son todos de tamaño similar; típicamente plantaciones de edad uniforme. Los raleos por consiguiente tienen que ver con la competencia lateral entre árboles de aproximadamente la misma altura, en contraste con la liberación que reduce la competencia principalmente desde arriba. En bosques secundarios, sólo los rodales jóvenes voluntarios o grupos localizados de árboles son de tamaño uniforme, por lo que el raleo constituye una entre varias formas de mejoramiento en tales bosques. Sin embargo, los resultados del raleo en los bosques secundarios generalmente se confunden con los de la liberación, porque en bosques irregulares los dos métodos se mezclan inextricablemente.

Los bosques raleados (al menos en la zona templada) presentan una tasa de respiración menos relativa a la asimilación que los bosques sin ralear. En parte, su crecimiento quizás sea más rápido por esa razón (Assman 1970). En los trópicos, donde la respiración rápida significativamente reduce la productividad primaria neta, este beneficio del raleo quizás sea más acentuado. Con el raleo también se acentúa el crecimiento de la parte inferior del tronco, lo que aumenta su forma cónica alargada.

Cuadro 4-16.—Reacción de *Virola surinamensis* durante 18 meses después de la liberación en Guayana (cm/yr)

Posición en el dosel	Incremento diamétrico medio anual	
	Sin tratamiento	Con tratamiento
Debajo del dosel	0.37	0.54
Dosel	.61	.88
Emergente	.87	.99

Fuente: John 1961.

Desde mucho tiempo se reconoce que el raleo debía formar parte del refinamiento. En Malasia, la estimulación del crecimiento de los árboles de futura cosecha, mediante la extracción de los árboles relictos, resultó inadecuada, por lo que se necesitaron más raleos (Wyatt-Smith 1963). En Sabah, se prescribieron en 1965 anillamientos, tanto de árboles no comerciales como de árboles comerciales defectuosos con >5 cm dap, para abrir grupos densos de árboles (Nicholson 1965b). Cortas de selección tempranas en Nigeria incluían el raleo de especies deseables (Osafo 19870).

Una limitación del raleo es el efecto que tiene de abrir el dosel. Los raleos demasiado fuertes pueden fomentar el crecimiento de especies oportunistas y trepadoras. En los bosques perennes de las colinas de Tailandia, el hecho de abrir el dosel más del 30% en laderas con declives de 20 a 25% produjo serias erosiones (Ruangpanit 1975).

Palmer (1975) ofreció una guía del nivel de raleo capaz de estimular el crecimiento y sugirió que se mantuviera el área basal a menos de dos tercios del máximo. Donde existe un mercado para los raleos, tal tratamiento produce ganancias. En las tierras bajas de los trópicos, se ha reconocido un área basal máxima de casi 25 m²/ha para árboles de crecimiento rápido en bosques mixtos de especies latifoliadas (Dawkins 1961b). Como indican las prescripciones de Puerto Rico, aún los límites más bajos pueden aplicarse a árboles pequeños. No hay pruebas de que la tecnología sea capaz de aumentar estos límites, aunque en realidad no se ha efectuado ningún intento al respecto.

En Ghana, la gran densidad de los rodales retarda el crecimiento, mientras que una densidad media favorece a los árboles tolerantes para el mercado de exportación, y una densidad baja favorece a los árboles exigentes de crecimiento rápido (Danso 1966). Se necesitan raleos bien regulados y frecuentes; aún así, la eliminación de especies no comerciales solamente no necesariamente hace que las especies comerciales desarrollen sus copas.

Arboricidas. El uso de herbicidas químicos para eliminar árboles en los trópicos aparentemente fue introducido de la zona templada. El arsenito de sodio, a pesar de su gran toxicidad, y la pérdida ocasional de vidas humanas asociada a su uso en el contexto forestal, se aplicaba en gran parte de los trópicos en el pasado. Este producto se siguió usando, a pesar que se

descubrieron otros herbicidas, cuyo uso era más seguro y cuya incidencia, como contaminante ambiental, era menos persistente. Esa continuidad se debe a varias razones: en Ghana y en Sierra Leona, el arsenito de sodio fue más efectivo y menos caro (Anón. 1958f, Pickles 1958). King (1965) lo favorecía por la ventaja que acarrearía (para el presupuesto nacional) al no tener que importar solventes. Como polvo soluble, era fácil de transportar y de mezclar con el agua disponible en el sitio.

En los bosques de lo que hoy es Malasia, el arsenito de sodio eliminó en el transcurso de 12 meses del 70 al 80% de los árboles tratados (Strugnell 1937, Wyatt-Smith 1960b). En una prueba de árboles con dap entre 30 y 90 cm, otras sustancias químicas sólo eliminaron el 25% de los árboles después de 21 meses y fueron particularmente ineficaces con árboles grandes, de corteza gruesa y raíces tabulares.

En climas muy húmedos, el arsenito de sodio también fue más confiable que otros arboricidas (Dawkins 1961b); pero, el producto tiene otras desventajas aparte de su toxicidad.

Mientras que King (1965) favorecía su capacidad de efectuar una eliminación rápida, Durant (1936) y Dawkins (1958a) consideraban que esto era una desventaja, pues producía una apertura del dosel breve y repentina, en vez de gradual y duradera. Además, el arsenito no elimina árboles grandes si no se hacen anillamientos completos, algo difícil de cumplir en ciertos árboles e innecesario con otros arboricidas.

Hace décadas que ya se emplean arboricidas orgánicos. Muchas sustancias químicas se han retirado del mercado, incluso el arsenito de sodio, debido al peligro ambiental que representan, mientras que muchas otras son de carácter sospechoso. Aquí sólo se citan observaciones generales. Antes de proceder con una aplicación extensa, se deberían efectuar ensayos a nivel local.

En Uganda se eliminaron muchos árboles en cinco meses y medio, aplicando simplemente diesel en los cortes (Dawkins 1958a). Las aplicaciones de diciembre a febrero parecían tener un efecto más rápido que las de marzo a agosto.

En Malasia, soluciones al 3% de 2,4-D mezcladas con 2,4,5-T y soluciones al 5% de 2,4,5-T solamente,

mezcladas con diesel y aplicadas sobre la corteza intacta no eliminaron a los árboles grandes de raíces tabulares (Wyatt-Smith 1960b). En árboles grandes, aún con anillos completos una solución del 2% de 2,4,5-T tampoco fue efectiva, y sólo el 25% de los árboles con dap entre 30 y 90 cm murieron 21 meses después del tratamiento. La aplicación de rocío sobre corteza sin dañar también fue ineficaz en las regiones del África de habla francesa (Catinot y Leroy-Deval 1960) (La sustancia química 2,4,5-T ya ha sido retirada del mercado estadounidense).

En Puerto Rico, la efectividad de los arboricidas orgánicos ha variado con las especies de árboles; algunos géneros como *Mangifera* y *Eugenia* (Myrtaceae) son particularmente resistentes.

Bajo ciertas circunstancias es necesario eliminar el bambú. *Bambusa gigantochloa* ha sido eliminada con una aplicación basal de clorato sódico (una solución al 20%), TCA (una solución al 10% del tricloroacetato de sodio), dalapon (5%) y amatrole (5%); este último fue el más efectivo (Burgess 1975).

Inquietudes recientes sobre el daño ambiental causado por los tratamientos químicos ha puesto en duda el uso de arboricidas. Se han citado los posibles efectos secundarios sobre el suelo, organismos acuáticos y fauna superior, y aún se ha sugerido pérdida acelerada de nutrimentos (Barclay-Estrup 1972). El hecho que los métodos manuales de extracción de la vegetación indeseable proporcionan más empleo que los métodos químicos, también se menciona como una desventaja de los arboricidas. Ciertas inquietudes resultan de la silvicultura misma, incluso quejas de que al extraer la vegetación del estrato inferior se elimina la cobertura y el alimento de la fauna. La extracción de especies “inferiores” también se ha puesto en duda, pensando que debe contribuir en alguna forma con el ecosistema y que podrían ser comerciales en el futuro.

El uso de arboricidas químicos en la silvicultura debe ser cuidadosa y racionalmente planificado. Todos los peligros potenciales deben ser bien entendidos y tolerables. El objetivo principal de la silvicultura es mantener o mejorar el sitio; lo que implica una preocupación por el ecosistema por encima de la mera obtención de mercaderías. Si hay serias dudas en cuanto a la superioridad de los arboricidas, la medida más prudente sería el anillamiento sin aplicaciones químicas.

Cualquier programa silvicultural que usa arboricidas debe cumplir con dos requisitos: seguridad e investigación. Las medidas de seguridad deben reflejar un conocimiento a fondo de las propiedades químicas de los productos y de las prescripciones para su uso, para evitar que se exponga a la sociedad a serios peligros. La investigación se debe orientar, tanto hacia los efectos directos e indirectos de todos los herbicidas, como a la manera en que las aplicaciones se pueden hacer con mayor seguridad y eficacia en función de los costos.

Rendimientos

El propósito del tratamiento silvicultural de bosques secundarios inicialmente era su rentabilidad eventual (Barnard 1954). Sin embargo, al comparar la producción de los bosques secundarios con la de otros cultivos se llegó a la conclusión, en Malasia, que la práctica de mantener los bosques puramente por su productividad es de carácter dudoso (Wycherley 1969).

Los datos sobre el rendimiento de los bosques tratados todavía no son adecuados como para definir los límites superiores de la productividad de madera en los bosques secundarios. Mientras tanto, las opiniones al respecto son muy distintas. Algunos suponen que los rendimientos de los bosques naturales manejados en última instancia serán iguales a los de plantaciones con las mismas especies en sitios similares (Poore 1968). Otros (Leslie 1977) dudan que aún las proyecciones silviculturales más optimistas sean capaces de mejorar el rendimiento económico de los bosques naturales lo suficiente (en relación con otros tipos de uso de la tierra) como para justificar su manejo sólo para la producción de madera.

Los bosques húmedos secundarios refinados que contienen las especies más productivas parecen capaces de rendimientos de 4 a 10 t/ha/año de madera del fuste, y un 50% más si se incluye la madera de las ramas (Dawkins 1964b) —la diferencia entre estos y los bosques sin tratar es más de calidad que de cantidad. Los resultados varían enormemente con la historia del bosque. Wyatt-Smith (1987a) llegó a la conclusión que un bosque húmedo tropical rinde un promedio de 2 m³/ha/año, y que el tratamiento silvicultural puede aumentarlo a 6 m³/ha/año. Lowe (1984) concluyó que un bosque natural alto de Nigeria podría producir sólo 40 m³/ha/año en 40 años. La productividad de un bosque de dipterocarpáceas en Filipinas después de extraer entre 9 y 15% de los árboles madereros, varió de

5 a 6 m³/ha/año (Miller 1981). Sin embargo, la extracción del 23% de los árboles madereros causó tanto daño al bosque residual que, después de la extracción, la mortalidad superó al crecimiento durante siete años. En los bosques muy húmedos de las tierras bajas de Colombia, la regeneración natural 15 años después de la tala rasa rendía 54 m³/ha de madera de pulpa a partir de árboles con Φ 10 cm dap, un promedio de 3,6 m³/ha/año (Ladrach 1983).

Aunque los rendimientos madereros de los bosques tropicales secundarios quizás sean inferiores a los de las mejores plantaciones, las inversiones requeridas también son menores y más en concordancia con los recursos financieros disponibles (Palmer 1975). En Sarawak, por ejemplo, los raleos de liberación en un bosque de dipterocarpaceas prometían una segunda cosecha en casi 30 años, en comparación con el turno de 60 años o más, si no se efectuaba ningún tratamiento (Hutchinson 1980).

La dificultad de cuantificar la productividad potencial de los bosques secundarios, particularmente en comparación con las plantaciones puras, complica la justificación del tratamiento silvicultural. Ya que no existen anillos anuales, es difícil obtener datos confiables de crecimiento, y los datos disponibles rara vez se pueden aplicar con certeza a muchos sitios o a muchas especies, y menos aún pueden atribuirse al tratamiento. Los datos de rodales no manejados no son comparables con los de plantaciones bien manejadas, pues el cuidado intensivo que tales plantaciones normalmente reciben invalida las comparaciones. Otras comparaciones con base en el volumen pueden también ser poco válidas porque los productos de los bosques secundarios quizás tengan un valor intrínseco más alto por unidad de volumen, que los de las plantaciones.

El crecimiento de los árboles en los bosques secundarios sin tratamiento es sin duda más lento. Una limitación básica de la mayoría de las angiospermas tropicales es su necesidad de bajas densidades para tener un crecimiento rápido (Dawkins 1961b). El crecimiento rápido requiere la iluminación directa de las copas de los árboles, una condición que no se da para la mayoría de los árboles tropicales en bosques sin tratamiento, y si ocurre a raíz de una catástrofe natural, es de corta duración. Por consiguiente, a medida que el área basal de los bosques secundarios aumenta hasta un máximo, el crecimiento diamétrico de los árboles

declina. Las desilusionantes tasas de crecimiento lento son aparentemente universales, ya que se reportan en la India (Khan 1946, Page 1948), el archipiélago de Melanesia Fidji (Cottle 1957a, 1957b), el este del África (Pudden 1957a), Sudán (Jackson 1960), Guayana (John 1961, Prince 1973), y Puerto Rico (Crow y Weaver 1977).

En los bosques talados de Nigeria, *Khaya grandifoliola*, un árbol conocido por su potencial de crecimiento, necesitaría 80 años para alcanzar un dap de 50 cm (Dawkins 1961c). Las tasas de crecimiento diamétrico de especies comerciales en el bosque pluvial del noreste de Australia alcanzaron promedios de menos de 0,2 cm/año (Haley 1954). En Kenia, ensayos con una variedad de especies de árboles nativos demostraron que su crecimiento era demasiado lento, para ser económico (Anón. 1952h).

En el hemisferio occidental, *Virola surinamensis*, en Guayana creció durante 20 años después del aprovechamiento, a razón de 1,3 cm/año para árboles emergentes, 0,9 cm/año para árboles del dosel, y 0,6 cm/año para los del estrato inferior (John 1961). De manera similar, *Ocotea rodiaei* en Guayana creció un promedio de 0,4 cm/año (Prince 1973). En Puerto Rico, los registros efectuados durante 18 años de 20 especies en bosques talados demostraron que el promedio del crecimiento anual del dap de especies dominantes y codominantes era menos de 0,8 cm/año (Crow y Weaver 1977).

De esto se desprende que es necesario obtener mayores rendimientos de los bosques naturales en los trópicos. Un enfoque es concentrar el manejo en los sitios más productivos. Otro, aumentar el mercadeo de especies poco usadas de crecimiento rápido. Cualquiera que sea el enfoque, debe ser complementado con tratamientos de liberación que estimulen a los árboles para que alcancen su potencial de crecimiento.

Bosques pantanosos de agua dulce

Los bosques de pantanos, aquellos que se inundan parte del año o tienen una capa freática muy cerca de la superficie, generalmente no han recibido la atención debida de los especialistas en silvicultura. Su extensión de casi 160 000 km² en Sudamérica solamente (Lanly 1982), es mucho menor que la de los bosques de tierras altas, pero su posible importancia como fuente de madera, quizás sea mayor de lo que su extensión indica. Muchos de ellos son más accesibles que los bosques de tierras altas y su conversión a otros usos es menos prob

able. Sin embargo, el manejo de estos bosques para la producción de madera rara vez se ha emprendido en los trópicos de este hemisferio.

En particular, se ha prestado poca atención a los bosques pantanosos que reciben los sedimentos de ríos y que cada año disfrutan de depósitos de nutrimentos, capaces de sostener la productividad. Se han efectuado estudios ecológicos de algunos de los bosques de *varzea* e *igapó* a lo largo del Amazonas, pero se han utilizado sólo unas pocas especies madereras.

Los bosques de los pantanos de turba son extensos en Malasia, particularmente en Sarawak, región forestada con *Shorea albida*, una dipterocarpacea que produce madera útil, aunque muchos de los árboles viejos están huecos. En algunos sitios, la tala rasa de los bosques del pantano está controlada por restricciones de área y diámetro, pero no se han efectuado estudios silviculturales formales. Los informes, provenientes de Malasia, constatan que el crecimiento de tales bosques es lento (Wyatt-Smith 1961b).

Manglares

En Malasia, el manejo sistemático de los manglares se inició en 1904 (Kader 1979). Hace casi 70 años, se describieron 17 especies principales y 23 secundarias del manglar (Watson 1928). Los productos extraídos eran leña, carbón, postes, pilotes, astillas y taninos. Grandes cantidades de astillas se exportaron, tanto de Sabah como de Sarawak (Kader 1979). Las especies del manglar de mayor importancia comercial mundial son las del género *Rhizophora* (Huberman 1959), aunque en Indonesia, las especies madereras preferidas han sido las de los géneros *Avicennia* y *Sonneratia*, seguidas por *Bruguiera*, *Rhizophora mucronata* y *R. spiculata* (Versteegh 1952).

Desde lejos, los manglares quizás parecen uniformes, pero en realidad varían mucho en cortas distancias, en respuesta a los tipos de suelo, niveles y calidad del agua de anegación, mareas, salinidad y grado de protección contra las corrientes marinas y la acción de las olas. Se han clasificado estas diferencias para la América tropical (Lugo y Cintrón 1975). Sin embargo, la mayoría de las discusiones del manejo de los manglares prestan poca atención a estas cuestiones fundamentales. Una excepción es la descripción de Noakes (1952) de los bosques de *Rhizophora* en lo que hoy es Malasia. Indica que *Rhizophora* prospera en zonas inundadas por las mareas altas regulares, pero con períodos secos de 4 a 8

días con cada marea muerta. Crece bien en suelos aireados, enriquecidos por especies pioneras, pero no prospera en suelos duros arcillosos, requiere al menos una cierta cantidad de arena y arroyos en las cercanías.

El manejo de los manglares ha buscado básicamente extraer madera en forma económica, sin poner en peligro la productividad futura. Las prácticas incluyen el uso de diámetros mínimos, tala rasa con o sin árboles productores de semilla, aclareos sucesivos y manejo de rebrotes. El sistema de selección se abandonó en lo que hoy es Malasia porque las dificultades del transporte dictaban que sólo se podían efectuar cosechas ligeras de poco valor (Finlayson 1951, Watson 1928).

Se propuso un sistema de dosel protector y manejo de rebrotes para los manglares de la India (Hall 1937). Se seleccionarían de 220 a 250 árboles estándar con dap de 20 cm, o de 100 a 125 árboles estándar con dap de 30 cm y la eliminación de todos los demás. Los árboles estándar serían extraídos unos pocos años más tarde, una vez que los retoños se hubieran desarrollado. No se conocen los resultados obtenidos.

Talas efectuadas cada 20 años en manglares de dos estratos — un sistema favorecido por Watson (1928) en Malasia — causaron serios daños al estrato inferior (Anón. 1948c). En una parcela de 4 ha, la extracción de 247 árboles por hectárea con dap de >20 cm, dejó solo 140 árboles sin dañar, o sea el 38% de los 370 árboles por hectárea con dap entre 10 y 20 cm. De estos, casi 90 se encontraban en grupos densos, donde no se podían efectuar cortas, dejando sólo aproximadamente 50 árboles por hectárea diseminados en otras partes. Experiencias como esta suscitaron el interés por efectuar talas rasas después de confirmar la existencia de una regeneración adecuada (Hodgson 1932).

El desarrollo de prácticas de cultivo alcanzó una etapa avanzada en los manglares de Perak, en lo que hoy es Malasia (Noakes 1951, 1952, 1957, 1958). Cortas de diámetros mínimos, ensayadas al principio con 10 a 12 cm dap, rindieron cosechas de árboles con dap de 14 a 24 cm. Este sistema resultó en una buena regeneración de *Rhizophora*, pero en algunas zonas vacías resultó caro replantar. Se ensayó, entonces, dejar un dosel ligero de 10 árboles semilleros o menos por hectárea, pero la apertura de claros grandes favorecieron a una especie menos deseable *Bruguiera parviflora*. Ambos métodos se abandonaron más tarde debido al daño excesivo producido por la corta. Cuando se ensayó dejar

árboles estándar, el resultado fue una gran mortalidad y muchos árboles derribados por el viento. El retorno a la tala rasa siguió favoreciendo a *Bruguiera*, pero siempre había una buena regeneración. Donde los mercados eran buenos, los raleos se guiaron con el uso de una “vara” o sea que donde había dos árboles muy cercanos el uno del otro, se extraía el que fuera más pequeño que la vara modelo. En bosques de 10 a 15 años, se usó una vara de 1,2 a 1,5 m de largo. A los 20 años la vara era de 1,8 m de largo y de 2,1 m a los 25 años. Esta técnica ingeniosa requiere una supervisión mínima.

En Tailandia, la extracción de todos los árboles maduros dejó zonas casi abiertas; por consiguiente, se aplicó una clase de aclareo sucesivo, que retenía la sombra del estrato superior (Banijbatana 1958). *Avicennia alba*, una especie exigente de luz y con pobre capacidad de rebrote, se regeneró en Adhra Pradesh, India mediante la tala rasa (Khan 1960).

En el hemisferio occidental, los que cosechan manglares rara vez se preocupan de la productividad futura. Sin embargo, la tala rasa experimental de *Laguncularia racemosa* en Puerto Rico, en franjas de 20 m de ancho, en forma perpendicular al viento prevaleciente produjo una regeneración de densidad total en dos años (Wadsworth 1959). No hubo daños perceptibles a causa de los árboles derribados por el viento a lo largo de los bordes de las franjas. Un rodal joven de árboles con un dap promedio de 4,3 cm, cuya área basal había sido raleada de 34 a 14 m²/ha, duplicó el crecimiento diamétrico promedio en tres años. El crecimiento se aceleró generalmente, aún en árboles cuyo dosel no había cambiado de posición.

Se desarrolló un programa para el manglar de Tamavenca en Venezuela (Luna 1976). La cantidad promedio de árboles con dap de 8 cm fue de 428 por hectárea, con un área basal que variaba de 10 a 40 m²/ha y un volumen promedio de casi 200 m³/ha. Se prescribió la tala rasa total para franjas alternadas de 50 a 300 m; las franjas restantes fueron cortadas después de 15 años. Los árboles se debían usar para producir postes telefónicos, madera de aserrar, parquet, tableros de partículas, carbón y tanino.

La humedad de los pantanos y la salinidad de los manglares impiden cambios excesivos en la composición de los bosques sucesionales, después de la intervención humana. La preocupación principal en cuanto a la regeneración se dirige más a la cantidad de árboles que a su composición.

Los manglares por lo general son prolíficos en cuanto a la producción de semillas. *Avicennia* (excepto *A. alba* en la India [Khan 1960]) y *Laguncularia* rebrotan profusamente. Las semillas de *Rhizophora* son vivíparas; esto es, germinan en el árbol padre y se liberan cuando están listas para enraizar. Otras, tales como *Avicennia* y *Laguncularia*, producen semillas fácilmente acarreadas por el agua, y cuando las inundaciones son frecuentes, no es necesario que los claros estén cerca de los árboles semilleros. La fructificación del *Rhizophora* en lo que hoy es Malasia comienza en el cuarto año (Noakes 1952). En Perak, Malasia, la regeneración natural de *Rhizophora* es común bajo los árboles, pero irregular en otras partes. Algunos claros producidos por la tala no regeneraron en diez años. Los fracasos de la regeneración de *Rhizophora* se deben en parte a los detritos flotantes y a lo difícil que es para los nuevos hipocotiledones penetrar el suelo. La regeneración de las plántulas de *Laguncularia racemosa* en Puerto Rico sobrepasó la altura de los retoños nueve años después del aprovechamiento (Wadsworth 1959).

Plantar *Rhizophora* en sitios no regenerados ha sido una práctica común en Indonesia (Versteegh 1952). Los espacios vacíos se plantan hasta dos años después de la tala. Las semillas de *Rhizophora* comúnmente se recogen del suelo. Plantitas silvestres de 60 cm de altura también se han usado con éxito en Puerto Rico (Holdridge 1938). Los cangrejos produjeron daños a las plántulas sembradas en Malasia (Noakes 1952); en Tailandia, se protegieron de los cangrejos envolviendo los hipocotiledones en hojas plásticas (Anón. 1976i).

El helecho gigante *Acrostichum aureum* constituye un problema porque tiende a esparcirse en las zonas abiertas de los manglares, lo que interfiere con la regeneración. El helecho se desarrolla en dos formas, una grande y otra pequeña (Noakes 1952). Además, reacciona rápidamente a la luz plena. Si no hay plántulas presentes cuando invade, ninguna podrá entrar más tarde, a menos que haya algún árbol semillero directamente sobre la zona del aclarado. Esta amenaza dio raíz a uno de los argumentos iniciales que favorecían la retención de los aclareos sucesivos, porque el helecho se podía controlar con facilidad con una sombra ligera (Finlayson 1951; Noakes 1951, 1952). Su extracción es poco práctica porque se encuentra íntimamente mezclado con las plántulas establecidas (Noakes 1958). En Malasia, el helecho actúa como “nodriza” de las plántulas ya establecidas en su interior (Noakes 1951).

Un manual para el manejo de los manglares resume información sobre políticas, planificación, manejo para madera, rehabilitación, regeneración y consideraciones económicas (Hamilton y Snedaker 1985). Una segunda publicación más reciente esboza métodos de investigación (Cintron y Schaeffer-Novelli, sf).

A pesar de la rapidez aparente con que los manglares vuelven a colonizar un sitio aclarado, el crecimiento diamétrico del árbol individual en bosques sin ralear es lento. En Malasia, se determinó un incremento de menos de 1 cm/año en árboles de menos de 10 cm dap; para árboles más grandes el incremento era inferior a 0,5 cm/año (Noakes 1958). El promedio anual de incremento volumétrico culmina a los 25 años aproximadamente; el máximo en las mejores zonas es de 10 m³/ha/año; el promedio es mucho menor. Árboles cuyo dap es de 12 a 25 cm tienen una rotación de 30 años (Noakes 1957). Las rotaciones previas de 30 a 50 años se redujeron a rotaciones de 20 a 30 años para cumplir con la creciente demanda por leña. Los rendimientos de los manglares de Matang en la península de Malasia a los 30 años variaban de 3,5 a 7,8 m³/ha/año para leña, a lo que se añade el producto de los raleos (Christensen 1983).

Los manglares del Archipiélago de Melanesia de Fidji se han dividido en compartimentos y se trabajan en rotaciones de 40 años para producir postes (Anón. 1950c), con raleos a los 15, 25 y 35 años, los cuales producen postes de 0,9, 1,5 y 2,4 m respectivamente.

En el neotrópico, el crecimiento de los manglares no es más rápido que en el hemisferio oriental. En Puerto Rico, un rodal de *L. racemosa* que había alcanzado el tamaño de árboles para postes registró un incremento promedio del dap, en un período de tres años, de 0,46 cm/año para los árboles dominantes, 0,40 cm/año para los codominantes, 0,24 cm/año para los intermedios y 0,17 cm/año para los árboles suprimidos (Wadsworth 1959). Un registro de 14 años en el mismo rodal arrojó un promedio de 0,37 cm/año para *L. racemosa* y 0,29 para *Avicennia germinans* (Weaver 1979b).

Bosques secos

Los bosques secos, clasificados por la Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO) como bosques deciduos, muy secos y desérticos (Anón. 1993b), constituyen el 5% de los bosques de la América tropical pero generalmente se los ignora. Este tipo de bosques se concentra en África y

Asia, pero también son comunes en las laderas del Pacífico centroamericano, en el este del Brasil y en otras partes del neotrópico, como el Gran Chaco del Paraguay. Las prácticas de manejo que más éxito han tenido en África y Asia han sido el manejo de rebrotes y la protección contra incendios.

Probablemente la información más completa recopilada en cuanto al manejo de bosques secos sea la de la India. En Madhya Pradesh, los bosques deciduos secos se han manejado satisfactoriamente desde 1830 con un sistema de rebrotes o talar con reservas (coppice-with-reserves system), mediante el cual se permite que los árboles de calidad crezcan durante dos rotaciones de retoños (Sagreiya y Nath 1968). Donde los árboles fueron protegidos y manejados, su valor aumentó rápidamente. Además, mejoró la calidad del sitio y las especies principales se regeneraron. Al contrario, en los sitios sobreexplotados, o donde no se controlaron incendios y pastoreo, la producción decayó.

El sistema de rebrotes con reservas surgió de las imperfecciones del sistema anterior de rebrotes con estándares (coppice-with-standards system), el cual se usó en la India desde 1905 (Chaturvedi 1963). La diferencia principal es que se redujo la distinción entre los dos estratos; bajo el sistema más nuevo el estrato superior puede incluir árboles buenos de casi cualquier tamaño. El sistema se diseñó para cumplir con la demanda de tamaños pequeños y medianos, postes, leña y forraje. La rotación comúnmente dura de 30 a 40 años, con raleos entre los 15 a 20 años. Gran parte de la regeneración de ambos estratos proviene de los retoños aunque las plántulas, donde las hay, también caben en el sistema.

Según Tiwari (1968), este sistema se usó donde: 1) las especies valiosas son escasas pero rebrotan vigorosamente y son exigentes de luz; 2) hay buenas razones para manejar rebrotes, como cuando los árboles son muy mal formados. El sistema no es aplicable cuando: 1) las especies valiosas son tolerantes a la sombra; 2) hay peligro de invasión por árboles, malezas o pastos indeseables y nocivos de crecimiento rápido; 3) no se mejora la composición de las especies; 4) existe poca demanda por los árboles talados; 5) la protección contra incendios y pastoreo es imposible.

En Paquistán, se estimuló la regeneración de los bosques secos ribereños de *Dalbergia sissoo* estableciendo a lo largo zanjas de 25 cm de

profundidad y a una distancia de 12 m de cada cepa de *D. sissoo* (Paul 1953).

En el Alto Nilo, se taló y quemó el bosque dejando algunos árboles semilleros; con la estación lluviosa se produjo una densa regeneración de retoños y plántulas de *Acacia* y *Zizyphus*. Aún así, puede surgir una densa cobertura de pastos (Anón. 1954a). En las sabanas de Sudán y Guinea, la protección contra el fuego durante diez años fue suficiente para obtener postes y leña suficientes para abastecer las necesidades de la población local (Tilton 1961). La germinación de *A. senegal* en tales zonas se estimuló con la ocurrencia de lluvias durante la época de sequía, ya que aguaceros ligeros y frecuentes son tan importantes como la cantidad de precipitación total (Obeid y Seif el Din 1971).

En las regiones secas de Uganda y norte de Nigeria, la protección total contra incendios parece ser el único modo de fomentar la reinserción de los bosques (Anón. 1952m). En los terrenos boscosos de *Isoberlinia*, la protección contra incendios también ha mejorado el desarrollo y la diversidad del dosel. En la zona de sabana adyacente se logró el crecimiento de un bosque en solo diez años libres de incendios (Anón. 1951b). Los suelos son demasiado pobres para sostener plantaciones forestales, por lo que los bosques nativos deben permanecer para proteger el suelo y el agua (Kemp 1963). Las zonas taladas pueden ser cultivadas al final de la estación húmeda, pero después deben ser protegidas contra los incendios durante diez años para producir un nuevo bosque. Aún así, la quema de otoño puede destruirlo por completo; la quema de primavera es más tolerable. La regeneración natural se efectúa por rebrotes de tronco y raíz (Paul 1953).

Los terrenos boscosos extensos de miombo en las tierras altas del este del África son similares en apariencia a los bosques de árboles deformados de los cerrados del Brasil, aunque los primeros reflejan principalmente las influencias climáticas, y los segundos, los efectos del suelo. En la zona cuprífera de Zambia, antiguamente el norte de Rodesia, en apariencia estos bosques han mantenido su estabilidad durante los últimos 500 años (Fanshawe 1956a, 1956b). Antiguamente se cultivaban alimentos en casi el 90% de la zona, la cual es arrasada por incendios todos los años. Cuando el bosque se tala para obtener maderos para vigas de las minas, estacas, postes o leña, las plántulas generalmente sobreviven pero crecen más lentamente que los retoños. Los

rebotes tienen éxito si los incendios no han generado demasiado calor, y pueden producir dos o tres cosechas con una rotación de 40 años. Un estudio durante cinco años del miombo de Tanzania reveló que la regeneración de las plántulas era muy buena si no se había quemado, y casi tan buena si la quema no era en años consecutivos y se efectuaba tardíamente (Kimber 1963).

Un experimento en la zona cuprífera de lo que hoy es Zambia comparó tres tratamientos: 1) explotación convencional de madera para uso en las minas; 2) extracción de toda la madera para leña, dejando sólo los árboles de futura cosecha; 3) conversión a un bosque de selección. El tratamiento (2) produjo el mayor aumento del crecimiento después de 20 años (Storrs 1956). Sin embargo, las tasas de crecimiento comenzaron a declinar después de 10 a 15 años, lo que sugiere que se necesitaban mayores tratamientos. Cuando se dejaron 12 a 50 árboles estándar por hectárea y se taló el resto del bosque, los estándares reaccionaron bien produciendo un crecimiento más rápido (Fanshawe 1956a).

A medida que se desarrolló la silvicultura de los bosques de miombo, se hicieron distinciones de sitio y de mercado. En sitios especialmente buenos, los bosques se habían convertido en plantaciones de pinos, eucaliptos y otras especies latifoliadas de crecimiento rápido (Fanshawe 1960). En otras partes, dependiendo de la calidad del sitio, los bosques nativos se manejaban para obtener leña, postes para minas, madera de aserrar, o los tres. Se prefería aplicar una quema temprana para proteger el bosque contra incendios tardíos más destructivos. Los retoños podrían no aparecer durante cinco años después de una quema seria. Casi el 40% del bosque retoña exitosamente. El dosel se cierra después de 25 a 30 años.

Los bosques de miombo han sido cosechados para leña a los 40 años. Los postes para minas y la madera de aserrío se producen en rotaciones de 60 a 100 años; en sitios bastante buenos se manejan los retoños. Las tasas de crecimiento promedio son de 0,05 a 0,20 cm dap por año para las especies dominantes, pero pueden alcanzar hasta 0,5 cm/año durante los primeros 30 años. La cosecha final es de 125 árboles por hectárea, de los cuales de 12 a 60 quizás sean estándares. Los rendimientos promedio y máximo por rotación por hectárea son de 4 y 23 m³ de madera aserrada, 12 y 25 postes, 100 y 250 postes pequeños y 140 y 200 m³ de leña.

En el neotrópico raramente se han manejado los bosques secos nativos. Existen amplias evidencias de que la tala, quema y pastoreo sin discriminación deterioran, o aún destruyen estos bosques. Hace más de 35 años, Petrak (1959) notó el deterioro de bosques de quebracho (*Schinopsis balansae*) del Chaco argentino debido a la tala y al pastoreo. Vio que no había obstáculos fisiológicos que impidieran la preservación de los bosques si se abrían las zonas donde la sombra era muy densa. En uno de los mejores sitios de Minas Gerais, Brasil, parece que las plantaciones forestales pueden ser mucho más productivas que los bosques nativos, al menos para una rotación. Los campos y cerrados del Brasil han sobrevivido durante mucho tiempo, a pesar de la excesiva explotación para leña, debido a su capacidad de rebrote. Casi todas las especies de árboles útiles se regeneran por rebrotes (Barros 1965-66).

En la República Dominicana, una propuesta interesante sugiere el uso de bosques secos para la producción de energía (Trehan *et al.* 1980). Una central eléctrica de 50 megavatios es capaz de usar, como combustible, la leña producida por un terreno de 78 000 ha el cual es inapropiado para la agricultura. Este recurso sería proporcionado por los bosques secos, compuestos en gran parte de *Acacia*, *Leucaena* y *Prosopis*. Se supuso un rendimiento de 5 m³/ha/año y se predijo un empleo, después de establecido, de aproximadamente 1000 personas.

Conclusión

El tema de este capítulo tiene muchas distintas facetas. Los bosques tropicales secundarios no han sido muy

apreciados; sin embargo, durante décadas se han dado esfuerzos para evaluar su productividad presente y futura. Persiste la idea de que, a menos que su rendimiento volumétrico se compare favorablemente con los rendimientos de las plantaciones manejadas, los bosques secundarios constituyen una inversión submarginal. Tal percepción claramente subestima la razón beneficio/costo potencial del manejo de al menos ciertos bosques tropicales secundarios. No atribuye valor a la diversidad que se encuentra en tales bosques, y no en las plantaciones. Evalúa las ganancias del manejo sólo con base en la producción de madera. Ese juicio se basa en los empeños del pasado, algunos de los cuales tuvieron resultados contradictorios, o produjeron una pequeña fracción de los productos forestales que desde entonces se han convertido en mercaderías comerciales. Considera que la intensidad de la mano de obra ocupada es un costo, en vez de una ganancia social. Las experiencias analizadas son extremadamente diversas, y gran parte de ellas han ocurrido lejos de la América tropical. Sin embargo, sugieren nuevos enfoques para las prácticas, quizás más apropiadas bajo las condiciones actuales con el fin de abastecer los distintos productos forestales que las poblaciones tropicales han de necesitar en el futuro. Esos productos probablemente no se pueden obtener totalmente de las plantaciones, mucho más pequeñas en extensión. Las predicciones de los límites del rendimiento y su valor bajo las condiciones del pasado son indudablemente bajas. Se alienta al lector a que continúe con sus estudios y pruebas, los que quizás conduzcan a hacer retroceder por completo la evaluación conservadora actual del potencial productivo de estos bosques.

Capítulo 5

Plantaciones Forestales: Políticas y Avances

La extracción maderera en los trópicos comúnmente ha dado lugar a la deforestación y a la agricultura que degradan al suelo, inhibiendo la posibilidad de cultivo o pastoreo continuos. La agricultura persiste en los mejores sitios, dejando que los peores vuelvan a reforestarse; de estos últimos, los mejores podrían ser apropiados para plantaciones forestales.

Champion (1949) reconoció la creciente necesidad por plantaciones. Indicó que existen millones de hectáreas de terrenos que deberían ser reforestados lo más pronto posible para el beneficio de la sociedad. Declaró, además, que aunque la tecnología para la restauración de los bosques quizás esté basada en una comprensión parcial de los principios fundamentales, el trabajo debe proceder conforme con el conocimiento actual. Sus puntos de vista son todavía válidos.

La extensión final de las plantaciones forestales en los trópicos la determinará su capacidad de competir con otros usos del suelo, satisfacer la creciente demanda por madera, superar la producción de fuentes alternas de la madera y proteger el ambiente para las generaciones futuras. A pesar de lo incierto de las predicciones a largo plazo, las plantaciones forestales recientemente han atraído mayor interés e inversiones que el manejo de los bosques naturales, debido principalmente al potencial alto de su productividad. Este capítulo se dedica a este y otros asuntos vinculados con las decisiones de si se deben efectuar plantaciones, y si es así, cuánto y qué se debe plantar.

Earl (1972) describió cómo el énfasis en las ganancias comerciales condujo a rotaciones más cortas y rodales puros de edad uniforme (plantaciones). Predijo que la demanda por madera para leña aumentaría al menos durante 50 años, aún si se pudiera encontrar una fuente de energía infinita y no contaminante.

La FAO (Anón. 1981g) resumió la necesidad de plantar bosques de la siguiente manera:

- Se estima que el déficit actual de leña en los trópicos es equivalente a la producción de casi 48 millones de hectáreas de plantaciones para leña.
- Se necesitarían casi 30 millones de hectáreas de plantaciones con especies latifoliadas tropicales bajo manejo intensivo, para cumplir con la demanda esperada de madera para aserrío, que actualmente se está cosechando en los bosques primarios tropicales.

Ladrach (Anón. 1985f) indicó que en comparación con el pastoreo tradicional, las plantaciones forestales requieren más cantidad de mano de obra. Tomando la madera de pulpa de pino en una rotación de 15 años como ejemplo, concluyó que el empleo es cinco veces mayor en las plantaciones forestales que en la producción de forraje y, sin embargo, el bosque *plantación* puede crecer en suelos más pobres.

Hay disponibles dos referencias valiosas sobre plantaciones forestales en los trópicos. Evans (1992) da énfasis al planeamiento de plantaciones, tomando en cuenta los factores sociales y económicos y describiendo las prácticas, desde el establecimiento hasta la cosecha. Zobel *et al.* (1987) clarifican los malentendidos sobre las especies exóticas y documentan los altos rendimientos que se pueden alcanzar mejorando los árboles de las plantaciones.

Argumentos a favor de las plantaciones

Los argumentos a favor de las plantaciones se basan, en parte, en la disponibilidad de terrenos y en la expectativa de que la madera será escasa en el futuro. Las conclusiones de Marsh (1962) fueron que las plantaciones se necesitan donde: 1) la extensión de bosque natural es insuficiente, 2) los bosques naturales crecen demasiado despacio como para cumplir con la demanda por productos forestales de manera sostenible, 3) los bosques naturales están muy dispersos para permitir su aprovechamiento económico, 4) la madera del bosque natural está ubicada en sitios demasiado remotos como para ser transportada con un costo aceptable. Todos estos problemas se pueden evitar estableciendo plantaciones de especies de crecimiento rápido cerca de las comunidades y de las industrias de procesamiento.

Evans (1992) apoyó a las plantaciones comparando los factores positivos y negativos. Los factores negativos incluyen la destrucción actual y pasada de los bosques nativos, el menor acceso a los bosques restantes y la regeneración natural inadecuada. Los factores positivos son la disponibilidad creciente de terrenos, la alta productividad, el potencial de las plantaciones actuales y los beneficios ambientales.

Una revisión de la situación en Nigeria demostró la relación estrecha entre la disponibilidad de terrenos y las necesidades de reforestación (Lowe 1984). Aunque casi sólo el 10 % del país estaba reservado para bosques y la mayor parte son sabanas de baja densidad, la invasión

de campesinos se podría prevenir con sólo plantar especies exóticas en las zonas amenazadas. Los mejores bosques reservados, de los cuales casi 2000 km² se hallaban bajo el sistema de dosel protector, se convirtieron en plantaciones para aumentar la productividad. Un plan nacional establecido en 1985 era plantar durante un período de 20 años, la mitad de las reservas de bosque alto y un décimo de las reservas de sabana, aunque todavía quedan dudas sobre las técnicas más exitosas.

Wadsworth (1983) analizó los posibles beneficios ambientales de aumentar la extensión de las plantaciones para madera. Para los trópicos en conjunto, calculó la posibilidad de reducir la demanda de madera proveniente de bosques naturales, con el aumento de madera de plantaciones (Cuadro 5-1).

Las inquietudes del público sobre las propuestas de plantación, aún donde la reforestación misma se favorece, deben ser resueltas. Un ejemplo principal es la oposición que engendra el eucalipto. Esta oposición es más evidente en el hemisferio oriental, pero también se ha manifestado a través de la larga historia de plantación de esta especie en Brasil. La complejidad de este asunto es evidente en la variedad de argumentos usados en contra del eucalipto, resumidos por Spears (1987):

- Los eucaliptos, como especies no leguminosas, agota los nutrimentos.
- Los eucaliptos ponen en peligro el equilibrio hidrológico.
- Los eucaliptos tienen efectos alelopáticos sobre ciertos cultivos agrícolas.

- Los eucaliptos usurpan los buenos terrenos agrícolas.
- Los eucaliptos requieren menos empleo rural que otros cultivos.

En parte, estas inquietudes reflejan problemas con eucaliptos que se han plantado en un sitio inapropiado; pero en su mayoría constituyen generalizaciones sin fundamento. Naturalmente, es necesario informar al público sobre cualquier efecto empobrecedor que los eucaliptos (o cualquier otra especie) causen, junto con los posibles beneficios en términos de crecimiento rápido, suministro de madera y combustible, valores de forraje, valores de protección, empleo y rendimientos económicos. Poore y Fries (1985) discutieron este tema a fondo.

Ventajas productivas de las plantaciones

La superioridad de las plantaciones sobre los bosques naturales se debe principalmente a su mayor productividad de madera comercial. Las ventajas de las plantaciones son más evidentes donde la regeneración natural es pobre, donde los árboles nativos son de utilidad limitada y donde las diferencias en las tasas del crecimiento arbóreo son pronunciadas.

Otra ventaja de las plantaciones es la necesidad de rehabilitar terrenos deforestados (Baur 1964b). Además, existe una creciente presión para el reemplazo de bosques naturales, los que el público percibe como selvas, que contrastan desfavorablemente con la agricultura, cuya demanda aumenta y produce mayores rendimientos económicos.

El fracaso de la regeneración natural oportuna de especies madereras deseables es común en terrenos

Cuadro 5-1.—Madera proveniente de plantaciones como sustituto de la madera de bosques naturales en el trópico			
Abastecimiento cubierto por las plantaciones (%)	Recursos madereros requeridos para cubrir la demanda hasta el año 2000 ^a (million km²)		Reducción de la tala en bosques naturales ^a (million km²)
	Disponible en plantaciones	Bosques naturales requeridos	
12	0.2	6.0	0.6
20	0.4	5.5	0.9
30	0.5	4.8	1.5
50	0.9	3.4	2.5
100	1.7	0.0	5.1
Fuente: Wadsworth 1983.			
^a Estimados.			

agrícolas abandonado. Además, bajo ciertas circunstancias, la regeneración natural de especies arbóreas ha sido casi imposible de lograr. Un caso es *Araucaria angustifolia*, el pino del sur del Brasil, en cual no regenera bien en forma natural, por lo que las plantaciones de esta y de otras especies de pinos se prefieren a los bosques naturales (Krug 1968).

La regeneración natural, aún donde es adecuada, podría sólo producir leña en vez de madera industrial. A excepción de donde los combustibles son extremadamente escasos, esta expectativa condena a los bosques naturalmente regenerados a producir rendimientos de bajo valor económico. Las plantaciones exitosas, por otra lado, ofrecen una mayor certeza en cuanto a la composición, calidad, rendimiento y fecha de la próxima cosecha.

Es inquietante ver que, en el trópico, los bosques naturales crecen en forma más lenta que las plantaciones. La mayoría de las comparaciones, sin embargo, están predispuestas en su contra. A menudo se comparan árboles de edad e historia desconocida que quedan después de talar un bosque, con los árboles jóvenes, bien espaciados y cuidados de las plantaciones. Además, prevalecen otras desigualdades, tales como la calidad del sitio, el valor de mercado por unidad de volumen y grado de utilización. A pesar de todo, los árboles de las plantaciones generalmente producen una mayor cantidad de madera utilizable que los árboles de los bosques naturales.

El crecimiento de árboles en los bosques nativos del Brasil demostró no poder vencer a los eucaliptos plantados (Navarro de Andrade 1941). En la Isla Mauricio, se demostró que los árboles nativos de bosques montanos eran de crecimiento lento (King 1945), y en Kenia, la tasa de crecimiento era tan lenta que la regeneración de las especies nativas, usando métodos naturales o artificiales, era antieconómica (Dyson 1965).

Las implicaciones de las distintas tasas de crecimiento entre bosques naturalmente regenerados y plantaciones son espectaculares en términos de rotación de cultivos. Una revisión de la silvicultura en Nigeria (Wyatt-Smith 1968) llevó a la conclusión que el reemplazo de los bosques naturales por plantaciones de especies de los géneros *Khaya*, *Lovoa*, *Tectona*, *Terminalia*, y *Triplochiton* (especies nativas de la región) podría reducir la rotación de 100 a 50 años, para árboles de 60 cm dap.

En Malasia, las plantaciones de árboles gomeros de 81 meses de edad produjeron una fitomasa de 20 toneladas por hectárea por año, convirtiendo entre 2,5 y 2,8 % de la radiación visible (Wycherley 1969). La productividad (sobre y debajo del suelo) de la palmas aceitera en plantaciones varía de 30 a 37 t/ha/año. A mayores elevaciones, las plantaciones de coníferas y eucaliptos, nativos o introducidos, alcanzaron una productividad de 13 a 40 t/ha/año, un nivel de producción imposible para las comunidades forestales naturales que tales cultivos remplazaron (Dawkins 1967). Se considera de carácter dudoso mantener bosques naturales sobre la base de su productividad; el caso es defendible cuando entran en juego otros valores, como la conservación del suelo o del agua (Wycherley 1969).

Otro argumento que defiende a las plantaciones tropicales es su mayor productividad de madera, en comparación con las plantaciones de la zona templada (Machado 1977). El rendimiento promedio de las coníferas es de 5,3 t/ha/año en la zona templada, y de 12,6 t/ha/año en los trópicos. Para las especies latifoliadas, los promedios respectivos son 5,1 t/ha/año y 13,1 t/ha/año.

Un informe de Uganda (Laurie 1962) citó una producción de 0,7 m³/ha/año en bosque natural, mientras que una plantación vecina de *Eucalyptus* produjo más de 40 m³/ha/año. Dawkins (1964b), con base en una revisión de toda la región, llegó a la conclusión de que los bosques húmedos tropicales podrían alcanzar una producción de 4 a 10 t/ha/año de madera fustal, en comparación con 14 a 24 t/ha/año para plantaciones de coníferas y eucaliptos. Los bosques coníferos naturales en los trópicos son raros, pero bajo circunstancias favorables, tales bosques pueden producir volúmenes de 35 m³/ha/año de madera fustal (Wood 1974). Según Jackson (1973), en los bosques de miombo de Nigeria se registraron rendimientos de 1,4 m³/ha/año para los bosques nativos de *Isoberlinia*, en comparación con 24 m³/ha/año para plantaciones de seis distintas especies.

La leña producida en plantaciones puede ser una alternativa viable al petróleo. Se presenta, en el Cuadro 5-2, el rendimiento de una plantación de *Eucalyptus* de siete años en África y el petróleo equivalente. La información proviene del Centre Technique Forestier Tropical (Catinot 1984).

Estudios del Consejo Nacional de Investigaciones de los EE.UU (Anón. 1984c) indican que la agroforestería y la

Cuadro 5-2.—Petróleo equivalente al rendimiento de *Eucalyptus* de siete años en África

Precipitación anual promedio (cm)	Rendimiento de madera (m³/ha/año)	Petróleo equivalente (t/año)
30–60	3–4	0.7–0.8
60–80	4–8	0.8–1.6
80–100	15–25	3–5
>100	25–80	5–10

Fuente: Catinot 1984.

mejora en la producción y uso del carbón constituyen las expectativas más prometedoras para el aumento de la producción de energía. Con el desarrollo de sistemas prácticos para convertir la lignocelulosa en alcohol, las plantaciones de carbón quizás puedan competir con la agricultura por terrenos arables.

El Cuadro 5-3 (Evans 1992) resume la productividad promedio de las plantaciones de varias especies de árboles tropicales. Un análisis efectuado en 1980 (Brown *et al.* 1986) demostró que las plantaciones constituyen menos del 2 % del material orgánico de la vegetación tropical, pero su biomasa por unidad de terreno (123 t/ha) arroja un promedio mayor que el de los bosques tropicales naturales (106 t/ha).

Hay una gran necesidad por descripciones más precisas sobre el desempeño de las plantaciones. Qureshi (1968a) apunta la falta de claridad en cuanto a tamaño y calidad del producto obtenido y al período preciso en que ese producto se obtuvo. Los estudios revisados dan amplios ejemplos de estas deficiencias; algunos presentan datos en metros cúbicos, otros en toneladas, a menudo sin especificar rotaciones o tamaños límites. En un estudio de 502 plantaciones para madera en el neotrópico (Lugo *et al.* 1988), los datos eran adecuados y comparativos para solamente ocho especies de árboles. Algunos datos eran para períodos de crecimiento demasiado cortos y no daban cuenta de los raleos. Además, no se especificaban ni el estado de la corteza ni los límites de uso esperado.

Según Malcolm (1979), las plantaciones aportan un porcentaje mayor de madera utilizable que los bosques naturales. Al comparar los bosques naturales con una

Cuadro 5-3.—Productividad de las plantaciones tropicales

Especies	Rotación (año)	Rendimiento (m³/ha/año)
<i>Paraserianthes falcataria</i> (Filipinas)	10	28
<i>Eucalyptus</i> Subtropical	8–25	5–30
Tropical	7–20	≤60
<i>Gmelina arborea</i> (Brasil)	10	35
<i>Pinus caribaea</i> (Fidji y Brasil)	8–16	21–40
<i>P. patula</i> (África)	15–16	18–19
<i>Swietenia macrophylla</i> (Fidji)	30	14
<i>Tectona grandis</i>	40–80	4–18

Fuente: Evans 1992.

plantación de 35 años de *Shorea robusta* en la India, Raman (1975) descubrió que el 92 % de la fitomasa sobre el nivel del suelo de la plantación consistía de madera de fuste utilizable, en comparación con sólo el 71 % de la fitomasa del bosque natural.

Consideraciones relativas a la tierra. Ya que los suelos están cada vez más en demanda para otros usos, es común la conversión de bosques naturales de menor productividad en plantaciones. En Kenia una razón principal por el cambio a plantaciones ha sido la necesidad de concentrar la producción en una zona más pequeña, porque los terrenos forestales se estaban perdiendo y convirtiendo a otros usos (Dyson 1965). En vista de la creciente competencia que esos otros usos significan, la transición se efectuó en Nigeria comenzando con métodos naturales, seguidos por el método *taungya* para finalizar en plantaciones intensivas (Lowe 1977).

En Puerto Rico, desde hace tiempo se hizo evidente que, a menos que los rendimientos de madera por unidad de terreno aumentaran tan rápidamente como la productividad agrícola, el uso de los terrenos cambiaría irremediablemente a favor de la agricultura (Wadsworth 1961). Baur (1964b) agregó que, por último, la forestería sería confinada a zonas más pequeñas, por lo que el manejo intensificado era inevitable. Indicó que las maderas de exportación rinden menores ganancias que el cacao y el caucho, y enfatizó la necesidad creciente por mayores plantaciones forestales.

Cuadro 5-4.—Tamaño mínimo de plantación tropical capaz de abastecer a la industria maderera

Operación	Requerimientos anuales de madera (m ³)	Plantación necesaria (ha)	Recursos humanos (Cantidad de empleos)
Aserraderos	15,000	1,000	30
Madera aserrada y contrachapada	100,000	7,000	200
Producción de pulpa	500,000	25,000	2,000

Fuente: Evans 1992.

Los argumentos económicos a favor de las plantaciones se han presentado durante muchos años. Beresford-Pierse (1962) vio la necesidad de cambiar el criterio prevaleciente en el sentido de que se debía manejar una mayor extensión de bosques naturales. Según él, lo difícil que es utilizar bosques inaccesibles o complejos puede hacer que la madera extraída de ellos sea tan cara que su explotación sea poco económica. Vastas regiones serían inapropiadas para el manejo debido a su alto costo. Por ello, se debería depender más de la genética, fertilización, cultivo e integración con la agricultura.

Ovington (1972) enfatizó la necesidad de considerar la ubicación de la plantación, los requisitos de la industria en cuanto a los productos y la economía del manejo. Un factor que complica la situación es la gran extensión de plantaciones que se necesitan para abastecer a la industria. Evans (1992) estimó el tamaño mínimo de plantaciones necesario para abastecer a varias industrias que utilizan madera y el empleo que cada una generaría (Cuadro 5-4).

En la selección de terrenos para plantar se debe considerar la calidad del sitio, pues este afecta el crecimiento potencial del árbol. Los contrastes entre los sitios buenos y mediocres se muestran en el Cuadro 5-5.

La elección entre la regeneración natural y la plantación no siempre es fácil. Cuando existe alguna duda, Synott y Kemp (1976) favorecen la “mayor fortaleza” y seguridad a largo plazo que resulta de mantener los bosques naturales. Sin embargo, estuvieron de acuerdo en que las plantaciones son indicadas donde los terrenos son escasos y se requiere una mayor productividad. Según ellos, la plantación se debe concentrar en terrenos degradados y no forestados (desde luego, siempre que tales sitios no sean submarginales para una producción forestal práctica.

En países con bosques primarios de gran extensión, Wood (1974) consideró tres alternativas para el uso de la tierra: 1) conservar los bosques que se regeneran en forma natural y manejarlos en rotaciones largas, 2) aumentar los rendimientos de los bosques regenerados naturalmente, 3) reemplazar los bosques regenerados por ‘plantaciones compensatorias’. En los países donde no hay bosques extensos, las plantaciones son inevitables. En Ghana, se llegó a la conclusión de que el rendimiento del 1 % de la zona forestal original convertido en plantaciones de madera era capaz de suplir el rendimiento del bosque anterior (Foggie 1957).

Cuadro 5-5.—Superioridad del incremento medio anual de las plantaciones tropicales en sitios buenos y mediocres, para distintas especies

Especies	Edad (años)	Superioridad del buen sitio en comparación con el medice (%)
<i>Araucaria angustifolia</i>	30	105
<i>Azadirachta indica</i>	9	234
<i>Cryptomeria japonica</i>	30	117
<i>Cupressus lusitanica</i>	20	47
<i>Eucalyptus camaldulensis</i>	12	72
<i>E. deglupta</i>	12	20
<i>E. globulus</i>	12	118
<i>E. grandis</i>	12	139
<i>E. saligna</i>	12	122
<i>Gmelina arborea</i>	12	40
<i>Pinus caribaea</i>	20	28
<i>P. patula</i>	16	68
<i>Swietenia macrophylla</i>	40	120
<i>Tectona grandis</i>	65	123

Fuente: Evans 1992.

Cuadro 5-6.—Terrenos convertidos en plantaciones de madera en el trópico

Estado previo	Terrenos convertidos en plantaciones (%)			
	América	África	Asia y el Pacífico	A nivel mundial
Pastizales y sabanas	52	67	40	52
Charrales	25	6	11	16
Bosque pluvial	4	18	34	15
Terreno desocupado o deforestado	18	3	8	12
Plantaciones de madera	1	5	6	3
Otro	0	1	1	2
Total	100	100	100	100

Fuente: Evans 1992.

Leslie (1967) indica que si en la decisión entre plantaciones o regeneración natural se incluyera un análisis del costo/beneficio de valores relativos a las cuencas, recreación, vida silvestre y flora, la decisión podría favorecer a los bosques naturales. Estos valores rara vez se incluyen en tales decisiones.

Las limitaciones de las capacidades del suelo son un argumento convincente para la reforestación de terrenos deforestados en gran parte de los trópicos, ya sea para madera u otros cultivos arbóreos. Goodland (1986) considera que el desarrollo más sostenible de la Amazonia brasileña se basa en los bosques, para la que propone una mezcla de cultivos perennes y de subsistencia con cultivos anuales. La extracción de la madera más valiosa efectuada al mismo tiempo que prácticas silvícolas proporcionarían el capital de desarrollo. Otros cultivos arbóreos recomendados por Goodland fueron el caucho, la palma aceitera, el cacao, la nuez del Brasil, el coco, el café y el babasú.

A través del trópico, la mayoría de las plantaciones se han establecido en las praderas y sabanas (Cuadro 5-6). El chaparral es el segundo tipo de terreno usado para plantaciones en el neotrópico, pero en África y Asia, se usa el bosque pluvial.

Abastecimiento de madera

Aún donde los terrenos posibles para la reforestación son abundantes, quizás sea necesario intensificar el manejo debido las limitaciones en el acceso y calidad deficiente de la madera proveniente de bosques nativos. La preocupación causada por el abastecimiento cada vez menor llevó a que se emprendieran los primeros esfuerzos para establecer plantaciones de teca en

Malabar en 1830 (Laurie 1937). En Tailandia, las plantaciones para leña se establecieron una vez que los precios de la leña habían aumentado veinte veces (Thirawat 1952). En Uganda, las dudas sobre lo apropiado que eran los bosques regenerados en forma natural, resultó en el establecimiento de plantaciones madereras en las praderas (Anón. 1957e).

En 1959, la única esperanza para sustituir el estiércol como combustible en la India era alcanzar una producción de 3,4 millones de metros cúbicos de leña por año (Ishaq 1959). Para 1975, la demanda por madera y por tierras no dejó más alternativa que aumentar la producción de las zonas forestales existentes (Singh y Randev 1975). La demanda por leña exigía un crecimiento rápido y la necesidad de madera de construcción exigía el establecimiento de plantaciones, debido a la densidad excesiva y problemas de secado de las maderas de bosques nativos (Sahni 1965).

En 1973, en Nigeria se llegó a la conclusión de que se debían plantar 12 000 ha anualmente para abastecer la demanda nacional de madera (Oseni 1973). La escasez de leña fue más severa en las sabanas donde la productividad de los terrenos boscosos era baja (Jackson 1973).

La escasez de madera también impulsó la plantación en América tropical. En Trinidad, donde no habían especies locales sobresalientes, se convirtieron terrenos en plantaciones. Lo mismo hicieron países con terrenos en las laderas altas de los Andes (Laurie 1962). A pesar que quedaban bosques nativos extensos en Surinam, para 1966 se establecían plantaciones a gran escala, porque

Cuadro 5-7.—Productos finales de las plantaciones forestales tropicales y porcentaje de terreno forestal dedicado a la producción de cada uno

Uso final primario	Área forestal (%)	
	A nivel mundial	En América
Madera industrial	54	50
Leña	18	29
Protección	17	10
Productos menores, agroforestería, otros	11	11
Total	100	100

Fuente: Evans 1992.

la regeneración natural era deficiente (Schulz y Rodríguez 1966). La necesidad de plantar era evidente en el déficit de madera accesible anticipado para el año 1985. No se esperaba satisfacer esta necesidad con el mero hecho de reducir residuos y de usar una mayor cantidad de especies de los bosques nativos (Dickinson 1967). En Brasil, donde la mayoría de la madera se vende a los fabricantes, se usaron incentivos para hacer que se establecieran plantaciones (Dickinson 1967). En Perú, donde el consumo de madera era por lo general rural y local, las plantaciones se establecieron sin incentivos, aunque el cultivo tomó diez años en madurar.

Las plantaciones lograron resolver problemas en algunas zonas. En Fidji, en 1984, 38 000 ha de plantaciones producían mayores ganancias que el turismo, la caña de azúcar o la copra (Rennie 1974). En Brasil, un tercio de la madera para uso industrial proviene de plantaciones. Ya en 1965, las plantaciones tropicales existentes tenían el potencial de sustituir la mitad de la madera rolliza para uso industrial proveniente de bosques naturales. Con la tasa de establecimiento de plantaciones en ese momento, se pensó que para el año 2000 se podría cumplir con la demanda de celulosa (Anón. 1965e).

La teca en Trinidad, introducida en 1913, ahora cubre más de 5000 ha. Estas plantaciones fomentaron la creación en 1978 de la Compañía de Productos Forestales de Trinidad y Tobago, Ltda, la que se espera ha de producir un rendimiento anual sostenible de 18 000 a 24 000 m³ de postes de teca y 34 000 a 57 000 m³ de madera de aserrío (Anón. 1982c).

Lanly (1982), en su inventario mundial de los bosques tropicales, distingue dos tipos de plantaciones forestales, dependiendo de los objetivos:

- Plantaciones industriales, establecidas total o parcialmente para la producción de madera usada principalmente para elaborar postes para minas, pero también como madera rolliza, enchapados y pulpa.
- Otras plantaciones establecidas para producir leña o carbón (posiblemente para uso industrial), madera para consumo nacional (particularmente rural), fruta, palmitos, goma arábica canela, etc.; y para proteger los suelos.

Casi la mitad de las plantaciones forestales en los trópicos se dedican a la producción de madera industrial (Cuadro 5-7). La madera para leña es el siguiente producto, abarcando el 18 % de las plantaciones tropicales mundiales y el 29 % en América.

Según Wood (1976), la capacidad aparente de los bosques altos y estables de satisfacer las necesidades humanas a perpetuidad no es factible desde el punto de vista comercial, aún usando una mano de obra pagada a los precios más bajos. El alto costo de la cosecha de madera, ya sea manual o mecanizada, exige que se tale la mayor cantidad de árboles que sea posible en cada cosecha. Esta operación perturba tanto al ecosistema, que la tasa de regeneración resultante no es capaz de sostener al bosque, particularmente después de una corta de selección de los mejores árboles. Sólo con la plantación es posible mantener o mejorar la calidad genética de los árboles originales. Donde los terrenos boscosos son escasos, la producción de madera no es de por sí un argumento suficientemente fuerte como para ayudar a mantener los bosques tropicales naturales (Wood 1976). También se deberían beneficiar el suelo, el agua, los estudios científicos, la conservación genética o los productos de los bosques secundarios.

En Malasia, la retención de bosques mixtos resulta principalmente en la producción de celulosa; las plantaciones de crecimiento rápido podrían suministrar este producto mucho más económicamente (Tang y Wadley 1976a, 1976b).

Al efectuar un cambio a favor de las plantaciones se deben tomar algunas precauciones. Tal cambio exige un buen desempeño y calidad de especies arbóreas lejos de sus sitios nativos. Zobel (1978) advierte que es un error pensar que porque la madera de las especies nativas es buena, también lo será si crece en un hábitat distinto.

Indica que los tratamientos silvícolas que se efectúan para aumentar las tasas de crecimiento afectan a la madera. Un crecimiento rápido inicial significa madera juvenil en la madurez. La distorsión de los pinos en los trópicos no sólo se da en plantaciones, pero puede resultar en “madera de compresión” (madera comprimida más allá de su límite de elasticidad).

Según Hughes (1968a), las plantaciones de *Pinus caribaea* a menudo tienen madera tardía de pobre desarrollo, que podría ser de densidad mucho más baja que la madera de crecimiento natural. Esto reduce su valor para la construcción pesada, pero aumenta su valor para obras de carpintería. La infiltración de resina en el duramen y la ocurrencia de madera de compresión son serios defectos que sufren los árboles de crecimiento rápido. También puede aparecer grano en espiral. Las mayores diferencias entre la madera de una plantación y la madera que ha crecido en forma natural parecen relacionarse con condiciones de sitio y clima (Hughes 1968a).

Los estudios de la madera de teca de plantaciones y de bosque natural no muestran ninguna diferencia significativa en cuanto a su resistencia a las termitas subterráneas (Da Costa *et al.* 1958). La resistencia aumenta con la edad del árbol y el contenido extractivos de la madera. Pruebas aplicadas a teca de una plantación de crecimiento rápido de 51 años de edad (1 a 3 anillos por centímetro) demostró que era 15 % más débil y de 15 a 25 % más blanda, pero que su resistencia a la tracción era 12 % mayor que teca de Birmania de crecimiento más lento (Wood 1968).

A pesar de las inquietudes legítimas al respecto, las plantaciones de maderas tropicales muy valiosas (tales como *Cedrela*, *Maesopsis*, *Tectona*, *Terminalia* y *Triplochiton*) prometen rendimientos mayores que casi todos los demás usos en los países donde crecen (Spears 1980). Además, los requisitos futuros de madera de una larga y creciente lista de países tropicales, ya no se pueden cumplir mediante otras fuentes de recursos nacionales, aparte de las plantaciones.

El término, muy en uso, de ‘plantaciones compensatorias’ se refiere a plantaciones establecidas para producir al menos tanta madera como los bosques naturales, a los que han reemplazado (Dawkins 1958g). La compensación generalmente requiere que se plante una zona mucho más pequeña que la abarcada por el bosque reemplazado.

Aún cuando las plantaciones están justificadas, eso no significa que es mejor mantener improductivos a los bosques de regeneración natural. Si es así, se tornan vulnerables a la destrucción, cuando todavía podrían producir cultivos forestales para complementar la producción de las plantaciones, a la vez que ofrecen otros valores.

En un estudio de las necesidades energéticas de la biomasa en países en desarrollo, el Consejo Nacional de Investigación de los EE.UU. (Anón. 1984c) llegó a la conclusión que cuando el precio del petróleo sobrepasa el costo de la energía producida por la biomasa, la producción de energía en los bosques tropicales deberá atraer a los que dependen del petróleo como fuente de energía. Estas condiciones ya existen en muchos países en desarrollo donde el aumento de la producción de biomasa es esencial, tanto para cumplir con las necesidades energéticas como para hacer frente a la deforestación. La agroforestería y la producción de carbón se consideran tecnologías prometedoras. La competencia actual por terrenos arables impide la producción de madera combustible a gran escala en muchas zonas. Esto se consideró un problema menor con la aparición de técnicas para convertir la celulosa en alcohol. Se espera que la reforestación para producir madera como combustible y carbón, si se la maneja debidamente, ha de generar una tasa de rendimiento muy atractiva, sin la necesidad de un subsidio perpetuo.

Consideraciones de sitio

La mayoría de las plantaciones son más beneficiosas ecológicamente que las zonas no forestadas. Los efectos ecológicos de las plantaciones son similares a los de los bosques naturales. Una comparación del ciclo mineral en Costa de Marfil, entre un bosque natural y una plantación de 38 años de *Terminalia ivorensis*, demostró que la caída de hojas y la percolación del suelo eran similares (Bernhard-Reversat 1976). La acumulación de materia orgánica y nitrógeno (N) en la tierra vegetal era en realidad mayor en la plantación, pero las reservas de los cationes intercambiables en el suelo eran menores, particularmente en suelos arenosos. La influencia de las plantaciones en la distribución de la precipitación puede ser beneficiosa; por ejemplo, en una prueba de 93 semanas en Brasil, una plantación de 13 años de *Pinus caribaea* y de *P. oocarpa* interceptó sólo el 12 % de la precipitación, lo que contrasta con el 28% en un cerrado cercano (Lima y Nicolielo 1983).

Inquietud sobre los efectos de las plantaciones en los sitios ha dado raíz a muchos estudios a través del mundo tropical. En plantaciones de *P. caribaea* en Trinidad las reservas totales de N decrecieron durante cinco años pero se recuperaron al doceavo año (Cornforth 1970b). Las reservas de fósforo (P) disminuyeron un poco después de una quema preparatoria y aunque la disponibilidad de P en el suelo aumentó durante el séptimo año, para el doceavo año no había alcanzado su nivel original. Las reservas de potasio (K), calcio (Ca) y magnesio (Mg) liberadas por la quema se perdieron rápidamente debido a la erosión y la lixiviación. Las características de la capa superficial de 7,5 cm en una plantación de 25 años de neem (*Azadirachta indica*) en el noroeste de Nigeria en comparación con los terrenos sin forestar se resumen en el Cuadro 5-8.

En las plantaciones de *P. radiata* en Australia subtropical, el N en el suelo aumentó a 50 kg/ha, aún si no había especies con nódulos en el estrato inferior (Richards 1964). La precipitación contribuyó con 10 kg/ha/año, mientras que las bacterias fijadoras de N contribuyeron casi la misma cantidad. Los pinos absorbieron rápidamente el N del suelo.

En la zona templada, el cambio de latifoliadas a coníferas ha aumentado la disponibilidad de N en el sitio, hasta sobrepasar los requerimientos de los pinos (Stone y Fisher 1969). Este efecto, que se extiende más allá de la zona cubierta por las copas de los árboles, se atribuye a la mineralización y no a la fijación. El incremento en la fijación del N también se ha asociado con el crecimiento de los pinos (Wollum y Davey 1975).

Chijioke (1980) efectuó un estudio intensivo de los efectos de la plantación sobre el suelo en Belice, Brasil y Surinam, además del África occidental. Concluyó que las plantaciones forestales de rápido crecimiento en los trópicos húmedos de tierras bajas y la cosecha de troncos con corteza, extraían del 70 al 80% de los nutrientes inmovilizados por el árbol. Las exportaciones de *Gmelina* dan cuenta de un mayor contenido de nutrientes con rotaciones de 5 a 6 años que con rotaciones de 13 a 15 años. Si se dejan los residuos en el sitio, en vez de extraer el árbol entero, las pérdidas de nutrientes se pueden reducir en un 25%, y si se deja la corteza también, el ahorro aumenta en 5-10% adicional. Chijioke descubrió que la cantidad total de N era más que adecuada a pesar de las grandes cantidades inmovilizadas por *Gmelina* y los pinos.

Cuadro 5-8.—Características del suelo bajo plantaciones de neem (*Azadirachta indica*) en comparación con terrenos no forestados en el noroeste de Nigeria

Parámetros del suelo	No forestado	Plantación
pH	5.4	6.8
Carbono (%)	.120	.57
Nitrógeno total (%)	.013	.047
Razón carbono a nitrógeno	9.4	12
Fósforo total (ppm)	201	131
Potasio (meq/100g)	.08	.23
Calcio + magnesio + (meq/100g)	.29	2.15
Total cationes (meq/100 mg)	.39	2.4
Saturación de bases (%)	20	98
Capacidad de intercambio catiónico	1.7	2.4

Fuente: Radwanski 1969.

Nota: Valores medios encontrados a una profundidad de 0-7, 5cm.

El efecto beneficioso de las plantaciones sobre el régimen del agua es pronunciado. Su influencia sobre la distribución de la precipitación ha sido documentado en plantaciones de *P. roxburghii* y *Tectona grandis* en la India (Cuadro 5-9). La gran cantidad de lluvias ligeras interceptadas es impresionante. Sin embargo, en la región subtropical de Jodhpur, India, el agotamiento del suelo hasta una profundidad de 10 cm, 39 días después de una lluvia, era del 76% bajo *Eucalyptus* de tres años y del 92% bajo *Acacia* de 11 años, en comparación con el 86% de un pastizal. A una profundidad de 60 a 90 cm, los porcentajes correspondientes fueron 36, 7 y 7% (Gupta et al. 1975).

La alta productividad aparente de las plantaciones de *Eucalyptus* y *Pinus* sugiere que dependen significativamente del agua presente en el suelo. Sin embargo, un estudio efectuado en Brasil indica que no consumen más agua que la vegetación herbácea (Lima-Freire 1976). La evapotranspiración de mayo a setiembre fue de 20,6 cm en una plantación de cinco años de *E. citriodora*, 21,2 cm en una plantación de cinco años de *P. caribaea caribaea*, y 19,6 cm en vegetación herbácea. Poore y Fries (1985) llegaron a conclusiones opuestas, que indican que los eucaliptos disminuyen el

rendimiento del agua más que los pastos, la vegetación herbácea y las especies latifoliadas, pero menos que los pinos. Los eucaliptos reducen el escurrimiento del agua si se los ralea lo suficiente como para conservar la vegetación del suelo y se protegen contra incendios.

En Kenia, plantaciones de árboles de madera blanda manejadas en rotaciones de 20 años o menos, sujetas a aprovechamientos anuales consumieron menos agua, durante un período de diez años, que un bosque natural en un sitio comparable (Pereira 1967). Sin embargo, las plantaciones usaron casi un 10% más de agua que los pastos de pastizales perennes.

A pesar de que las plantaciones son mucho menos diversas ecológicamente que los bosques naturales, en Nueva Gales del Sur, Australia (latitud 34°S.), las plantaciones de *P. radiata* de 40 años de edad, tenían tantas o más aves que dos tipos de bosques nativos, pero sólo dos tercios de las especies.

Una plantación madura de *Araucaria cunninghamii* en Australia arrojó resultados similares a los de un bosque pluvial, en cuanto a los incrementos anuales de minerales en el suelo (Brassell *et al.* 1980). Los mismos resultados se encontraron en suelos fértiles e infértiles en sitios húmedos y secos, lo que sugiere que si algún sitio de la plantación empezara a deteriorarse, eso no se debería a una reducción en el reciclaje de minerales durante las últimas etapas de la rotación.

La posibilidad de que los rendimientos se reduzcan como consecuencia del deterioro del sitio bajo manejo intensivo para la producción de árboles en rotaciones cortas ha causado gran inquietud a los forestales durante muchas décadas (Lamb 1969a). El uso de especies exigentes de luz en suelos arenosos se consideraba

particularmente arriesgado. Es evidente la necesidad de monitorear en forma continua y de aprender de la respuesta de la plantación para mantener los niveles de productividad durante rotaciones sucesivas (Evans 1976).

Han surgido muchas controversias en Australia sobre los distintos efectos de las plantaciones sobre los sitios, en comparación con los efectos de los bosques nativos. Las evidencias todavía no apoyan totalmente a los bosques naturales (Anón. 1971-72). La declinación de las plantaciones de *P. radiata* en la segunda o tercera rotación en el sur de Australia todavía no es convincente (Boardman 1978). En efecto, existen evidencias abrumadoras de que la productividad lograda al cerrar el dosel tiende a mantenerse. Las prácticas silvícolas y el clima parecen tener una gran influencia.

Los estudios de las plantaciones más viejas de teca en Nilambur, India han demostrado que, para la segunda rotación, no ha habido disminución del crecimiento en altura (Venkataramany 1960b).

Un estudio a fondo de la segunda rotación de *P. patula* en Suazilandia sugiere que la calidad del sitio no ha disminuido de manera significativa (Evans 1972). El crecimiento de la altura en la segunda rotación fue del 90 al 95% del medido en la primera rotación, en 64 pares de parcelas. Sin embargo, Evans afirma que no hay evidencia que pruebe que el crecimiento de los cultivos forestales sucesivos tiende a declinar gradualmente. En la zona de la prueba, la precipitación fue levemente menor durante los primeros años de la segunda rotación. Se indicaron pérdidas del 10% de la fibra debido, posiblemente, a una madera de duramen menos densa. De los muchos factores de sitio examinados, sin embargo, ninguno se logró identificar como la causa específica de los cambios observados en el crecimiento.

Cuadro 5-9.—Disposición de la precipitación por plantaciones de <i>Pinus roxburghii</i> y <i>Tectona grandis</i> en la India				
Disposición de la precipitación	Cantidad de precipitación por tormenta (%)			
	1.35–2.5 cm		>5 cm	
	<i>T. grandis</i>	<i>P. roxburghii</i>	<i>T. grandis</i>	<i>P. roxburghii</i>
Intercepción	37	29	4	4
Flujo ramificado	7	3	9	5
Flujo directo	56	68	87	91
Total	100	100	100	100
Fuente: Dabral y Subba Rao 1968.				

El N del suelo disminuyó en plantaciones de *P. radiata* de segunda generación en Nueva Zelanda (Stone y Will 1965). Una teoría es que las raíces de los pinos quizás pueden descomponer una fracción de la materia orgánica del suelo inaccesible o resistente a la flora anterior. Esta capacidad sería una ventaja para el primer cultivo, pero no para las generaciones sucesivas de pinos.

En regiones sujetas a huracanes, las plantaciones pueden sufrir mayores daños que los bosques naturales (Brouard 1960). Las plantaciones de *P. caribaea* en Jamaica sufrieron serios daños durante los huracanes de 1980 y 1988, mientras que los bosques naturales montanos fueron menos afectados (Tanner y Kapos 1991). Las consecuencias ecológicas y económicas de las tormentas difieren muchísimo. Una plantación de pinos, aún si fuera seriamente afectada, representa menos años de manejo y una productividad aprovechable antes del huracán, que podría ser cosechada rápidamente para postes y celulosa. En bosques mixtos, los efectos pueden parecer menos severos superficialmente, pero la caída de árboles de rotación más larga, de valor más alto por unidad de volumen que el de los pinos, puede generar grandes pérdidas, pues se trata de tamaños intermedios con una menor cantidad de duramen y quedan esparcidos por el bosque, por lo que es poco práctico cosecharlos.

Los bosques naturales, según Peace (1957), no necesariamente tienen menos patógenos que las plantaciones; cada desvío de la naturaleza no tiene por qué fomentar enfermedades. Los sitios y los patógenos juegan distintos papeles en la incidencia de las enfermedades. Los forestales no deben pensar que lo que “no es natural” es equivalente a “enfermizo”. Peace concluyó que el único factor de importancia en un cultivo exitoso de árboles es la eliminación de competidores, algo que rara vez ocurre en el ambiente natural.

En resumen, aunque muchas evidencias prueban que los sitios forestales tropicales se deterioran después de la deforestación, hay pocas que prueben que los sitios se deterioran más con cada cultivo sucesivo de madera. Las investigaciones indican que un deterioro tal no ha ocurrido todavía a nivel significativo (Bednall 1968; Evans 1972; Laurie 1934, 1941b). Sin embargo, el drenaje de nutrientes implícito en la cosecha repetitiva, particularmente de cortas rotaciones, quizás sea suficiente como para causar un deterioro de ese tipo,

al no cumplirse con la tasa natural de reaprovisionamiento.

Planificación de la plantación

Ladrach (Anón. 1985f) usó su experiencia en Colombia para formular directrices para el establecimiento de plantaciones forestales de carácter industrial y sugiere que los siguientes asuntos se deben considerar en una planificación preliminar:

Relaciones con la comunidad	Suministros de semillas
Régimen de propiedad y adquisición	Establecimiento de viveros
Trazado de mapas	Preparación del sitio
Protección de los bosques naturales existentes	Fertilización
Mantenimiento de linderos	Espaciamiento y densidad del rodal
Diseño de caminos de acceso y cortafuego	Procedimientos de plantación
Selección de especies	Control de incendios
Duración de la rotación	Control de plagas
Estimación de los rendimientos	Mantenimiento de registros
	Capacitación del personal
	Desarrollo de contratos

Enumera los principales riesgos de una plantación industrial tales como vida silvestre, plagas, selección errónea de especies, suministro inadecuado de semillas, problemas de vivero y de plantado, calidad pobre de la madera y personal insuficientemente capacitado. Concluyó que la mayoría de estos riesgos se pueden reducir con una planificación, organización e investigación adecuadas.

Según Lewis (1968), a pesar que la regeneración natural quizás continúe donde es más difícil establecer plantaciones, como en las montañas, cada vez habrá mayores zonas dedicadas a las plantaciones madereras en los trópicos, debido a que la regeneración natural es incierta en cuanto al tiempo, costo y control. Variedades genéticamente mejoradas no deben malgastarse en sitios

pobres y el reemplazo de especies de crecimiento lento por especies de crecimiento rápido habrá de continuar, aún si las nuevas especies no están tan bien adaptadas y necesitan fertilizante. Las investigaciones deberán demostrar hasta qué punto este proceso se puede permitir sin riesgo. Un asunto todavía sin resolver es cómo estabilizar la producción después del primer cultivo.

Plantación intercalada. La plantación forestal generalmente significa el establecimiento de cultivos arbóreos en terrenos deforestados, pero en los trópicos también se efectúa dentro de los bosques existentes. Ese método de plantación busca crear un ambiente similar al que los árboles jóvenes encuentran en el ecosistema forestal natural. Se cree que el bosque residual, después de talas parciales, protege a los árboles recién plantados. Este tipo de plantaciones puede ser menos costoso, en parte, porque el bosque residual podría garantizar una segunda cosecha.

Los árboles se plantan en bosques existentes con fines de enriquecimiento o para llenar un claro (plantar en aperturas naturales sin regeneración), o como plantación bajo dosel, que consiste en plantar árboles jóvenes, o sembrar semillas a espaciamientos regulares bajo todo o casi todo un bosque existente (Ford-Robertson 1971).

En Nigeria, el enriquecimiento comenzó en 1927 (Wholey 1955) para mantener un ambiente forestal estable y evitar el costo del aclarado. Brasnett (1949) concluyó que la práctica es apropiada donde la regeneración natural de especies deseables es deficiente y no se puede inducir por métodos silvícolas conocidos. También se considera apropiada donde hay tan pocos árboles comerciales por unidad de terreno, que la liberación gradual de la regeneración diseminada requiere una supervisión más capacitada de lo que se justifica. Sugirió que la plantación se debe hacer sistemáticamente, en forma lineal, para facilitar la reubicación del árbol. Debido a que en el momento de plantar se puede proporcionar una iluminación solar adecuada, es conveniente emplear especies exigentes de luz. También recomendó el uso de plantones de 2 a 3 años de edad, que han sobrevivido en vivero las primeras etapas del desarrollo.

En Papúa-Nueva Guinea, se han desarrollado distintas intensidades de enriquecimientos (White 1976b). La práctica menos intensiva, llamada "enriquecimiento oportunista", involucra el plantado en claros de



Fig. 5-1. — *Plantación en claros, o enriquecimiento del bosque, con pinos en las laderas de Jamaica.*

extracción, donde no se necesitan mayores cortas. Donde la práctica es más intensiva, se plantan todos los claros y en el rodal circundante se ralean las buenas especies del estrato superior que tengan un dap de 45 a 60 cm, preservando un espacio de 60 x 60 m, aproximadamente como futura cosecha y proveedor de semillas.

Plantación en claros. La plantación en claros ha sido la forma de enriquecimiento más común. Los claros se dan donde varios árboles que crecen juntos han sido talados, en patios de acopio o donde la quema de carbón ha destruido toda la regeneración natural (Fig. 5-1). Las plantaciones en claros se ensayaron como una manera barata de complementar la cosecha siguiente. Uno de los argumentos a favor de la práctica es que "ninguna otra cosa ha de crecer y se debe cultivar el bosque o perder el terreno a favor de otros usos" (Laurie 1934). Los claros generalmente son mayores de 300 m². Algunas veces se quema el sotobosque. Los árboles de teca se plantan a espaciamientos de 1,8 x 1,8 m, en el centro del claro.

En Uganda (Earl 1968), los sitios para producción de carbón se plantaron a razón de 100 árboles por hectárea, a 20 m o más del borde de la copa adolescente más cercana. El plantado se efectuaba apenas terminaban los carboneros para minimizar la necesidad de cortar malezas. Se plantaron dos árboles por hueco; uno de los cuales se eliminaba 1 o 2 años

después. Las especies usadas fueron: *Burtdavyia nyassica*, *Cedrela odorata*, *Maesopsis eminii*, *Nauclea diderrichii*, *Terminalia ivorensis* y *T. superba*.

Las experiencias en la India y en África occidental con el plantado de claros condujo a su rápida desaparición. En la India, se ensayó en varias provincias desde principios de 1934 (Laurie 1941b). Sin embargo, era difícil efectuar prácticas de cultivo en los claros debido a la distribución diseminada de los árboles (Griffith 1941b). Y, aunque a los dos años ya no necesitaban más cuidados, los árboles eran de mala calidad, y el cultivo en general era pobre. Para 1941, las plantaciones en claros se habían abandonado en la India (Laurie 1941b).

En África occidental, la plantación en claros se ensayó después que la plantación cerrada bajo dosel había fracasado por falta de iluminación (Wholey 1955). La plantación en claros produjo zonas de regeneración pobre entre los claros. Excepto en los claros grandes, la replantación era difícil, y caros los aclareos sucesivos (Catinot 1969b, Foggie 1957, Laurie 1934a). En resumen, la plantación en claros se consideró inadecuada porque producen menos que las plantaciones concentradas en suelos mejores.

La plantación en claros se ensayó en bosques de dipterocarpáceas en Filipinas para impedir la invasión de campesinos migratorios después de un aprovechamiento. Allí, se han usado *Paraserianthes falcataria* y *E. deglupta* para repoblar con éxito los patios de acopio, rutas de cables y aéreas y otras zonas de poca densidad (Tagudar 1979). Estos eran cultivos temporales de madera para pulpa que se reemplazarían en forma natural por dipterocarpáceas. A los cuatro años y medio, una zona plantada tenía un estrato inferior de 2900 plantones de dipterocarpáceas por hectárea. El uso de dipterocarpáceas de regeneración natural se ha recomendado como buena técnica de cultivo en Sabah (Fox 1971).

El uso de plantaciones de enriquecimiento ha sido de utilidad limitada en los bosques tropicales, y en general, han sido abandonadas (Stern y Roche 1974). Sólo en los bosques de dipterocarpáceas de la península de Malasia, las plántulas y brinzales naturales crecieron lo suficientemente rápido como para complementar la futura cosecha. Pruebas con especies de crecimiento más lento y con la eliminación gradual de la sombra superior condujeron a una búsqueda repetida para ubicar las plántulas y a una eliminación constante de las

malezas, que significó hasta 10 días de trabajo por hectárea por tratamiento (Dawkins 1956, Mooney 1963).

Una encuesta internacional llevó a la conclusión que el fracaso de las plantaciones de enriquecimiento se debía al aclareo tardío o inadecuado, o a la elección erróneas de especies para el sitio (Fontaine 1976). El enriquecimiento dejó de usarse en África occidental desde 1970 (Wood 1970).

Plantación bajo dosel. Este método se distingue del enriquecimiento en que no se limita a llenar los claros del dosel, sino que también busca reemplazar al bosque entero, plantando un nuevo cultivo por debajo. También se conoce como “plantación en hileras”, pero el término crea confusión pues esa técnica también se usa en plantaciones de regeneración. El propósito de la plantación bajo dosel es asegurar una densidad total, control de especies, uniformidad del cultivo, rotaciones cortas y rendimientos competitivos con los de otros usos del suelo (Britwum 1976). Con este método se plantan árboles en corredores estrechos y paralelos, cortados a lo largo del bosque a espaciamientos que conducen a una densidad total, a medida que los árboles alcanzan la madurez. Es una práctica de intensidad intermedia entre la regeneración natural y la reforestación, y es más apropiada para países con grandes extensiones de bosques secundarios (Wood 1976). Requiere una menor cantidad de árboles, protege la regeneración natural presente, y generalmente cuesta menos que una plantación completa. Además, podría aumentar los rendimientos de los bosques secundarios que de otro modo no producirían más de 1 o 2 m³/ha/año (Earl 1975).

Esta técnica se comenzó a usar en la India y en las zonas del África de habla francesa a principios de la década de 1930 (Catinot 1969a, 1969b; Laurie 1934a). En 1965, las plantaciones bajo dosel abarcaban 30 000 ha en Gabón y Costa de Marfil. También se efectuaron extensas plantaciones en el antiguo Zaire y, en menor escala en Brasil, Costa Rica, Ghana, Malasia, México, Nigeria, Puerto Rico, Surinam, Uganda, y Venezuela.

La plantación bajo dosel con *Terminalia superba* en África ecuatorial en 1938 se describió como exitosa (Aubreville 1953). Allí se plantó una menor cantidad de árboles por unidad de área (con un espaciamiento de 12 m x 12 m), y un gran porcentaje tuvo buen desarrollo. Se indicó la necesidad de ensayos similares en Camerún y Costa de Marfil, donde se debía comprobar el

desempeño de 23 especies de árboles (Aubreville 1947). Se predijeron buenos resultados para *Swietenia macrophylla* en África de habla francesa (Aubreville 1953). *T. superba* también se usó en plantaciones bajo dosel en el antiguo Zaire (Wagemans 1958b); el espaciamiento fue de 4 m x 12 m, u 8 m x 12 m; el material de plantación fueron brinzales de 2 a 3 m de altura sin hojas; a los ocho años el dap promedio era 17 cm.

En 1961, en Gabón se ensayaba con *Aucoumea* para plantación bajo dosel (Biraud y Catinot 1961). Se establecieron 130 ha con *Aucoumea*, *Azafia*, *Cedrela*, *Swietenia macrophylla* y *Terminalia* spp. en lo que hoy es Madagascar (Bertrand 1961). En 1962, esta era la principal técnica de plantación en Costa de Marfil (Mensbruge 1962), donde se habían plantado 3,6 millones de árboles, principalmente de *Tarrietia utilis* y varias *Meliaceae*. Una plantación bajo dosel compuesta de *Senna siamea*, *G. arborea* y otras especies abarcaba una extensión de 4300 ha (Mensbruge 1961).

En 1965, una gran variedad de espaciamientos y técnicas de plantación se estaban usando en los bosques húmedos del África francófona (Catinot 1965). Los espaciamientos variaban de 4 m a 6 m dentro de la franja y de 4 m a 25 m entre franjas. Típicamente las franjas eran de 3 m de ancho y tenían a una separación de 10 a 30 m (Catinot 1969a). La técnica se describió como fácil, barata y protectora del ecosistema (Catinot 1974).

En el África occidental, la apertura de corredores espaciados regularmente para plantar un cultivo de árboles requería 75 días de trabajo por hectárea (Wholey 1955). Una vez que se vio que las especies exigentes de luz, tales como *Aucoumea*, *Terminalia* y *Triplochiton*, necesitaban una luz total desde el principio, se prestó menos atención a mantener el bosque natural. La sombra lateral también ha perdido importancia desde largo tiempo.

En Nigeria, fallaron las pruebas con especies exigentes de luz, como *Terminalia superba*. Un error común fue abrir corredores demasiado estrechos; idealmente deben ser de 4 m de ancho. También se vio la necesidad de eliminar el dosel inferior y el estrato superior que se proyecta por encima del corredor, en ambos lados de los corredores. Algunos fracasos iniciales se debieron al uso de material de tamaño muy pequeño; como mínimo, las

plantas deben tener 1,5 m de altura. Entre los géneros aceptables se incluyen: *Chlorophora*, *Khaya*, *Lovoa*, *Swietenia*, *Terminalia*, *Tarrietia* y *Triplochiton*.

También en Nigeria se encontró mayor sobrevivencia y crecimiento en altura de plantones de 1 m de altura que rebrotes de tocón porque recibieron mayor iluminación. Los corredores se abrieron de este a oeste para proporcionar una mayor iluminación solar directa, tanto en la mañana como en la tarde. La apertura de corredores estrechos y el no eliminar los árboles del estrato superior aumentó la mortalidad y disminuyó la tasa de crecimiento. Fue necesario, entonces, envenenar los árboles que sobresalían en más de 5 m a ambos lados del corredor.

La mayoría de las plantaciones bajo dosel se establecieron en Nigeria entre 1930 y 1962 (Oseni y Abayomi 1970). Luego se cambió a plantaciones completas porque los árboles plantados bajo dosel requerían mayor protección de lo justificable contra los animales y las malezas.

Después del fracaso con el sistema de dosel protector en Ghana, se empezó a favorecer la plantación bajo dosel, aún cuando requería mayor protección contra el pastoreo, mejor preparación del suelo y especies de crecimiento rápido (Danso 1966). En 1968, el método se había generalizado; los árboles se plantaban a 5 m de distancia, en líneas espaciadas de 20 m (Osafo 1968b). El trabajo del primer año incluía la demarcación, apertura del corredor, apertura del dosel, desmalezado y plantación. La limpieza de la línea, replantación y mayor apertura del dosel se hacían en el segundo año. Nuevas operaciones de limpieza y aclareo se realizaban durante los siguientes tres años. Las rotaciones para este tipo de plantaciones se calcularon en casi 100 años. Las mejores especies fueron las meliáceas africanas y *Tarrietia utilis*; esta última necesita luz solar plena desde el principio. Sin embargo, la falta de mantenimiento a los caminos de extracción hizo que las plantaciones se volvieran inaccesibles y difíciles de tratar, por lo que muchas se perdieron.

En Papúa-Nueva Guinea, la tala y plantación bajo dosel produjo serias invasiones de un pasto llamado *Imperata*. Por lo tanto, la intensidad de la tala se redujo y se plantó *Araucaria hunsteinii* para controlar al *Imperata* con un crecimiento natural del sotobosque (Godlee y White 1976).

La plantación bajo dosel tuvo éxito en los bosques de dipterocarpáceas en colinas de Malasia (Gill 1970). El espaciamiento fue de 3 m x 10 m, y se usaron plantas de regeneración natural y siembra directa de semillas.

Observaciones de la regeneración de *Cedrela odorata* en Cuba hicieron pensar en la plantación bajo dosel (Roig 1946), ya que la especie aparentemente tolera la sombra parcial durante sus primeros años. En 1942, Holdridge (1942a) propuso establecer *Cedrela* en Puerto Rico a una densidad de 12 árboles por hectárea entre especies vecinas compatibles.

En Surinam se probó la técnica con espaciamientos de 10 m (Vega 1977). Todos los árboles indeseables con ≈ 20 cm dap fueron envenenados, y se programó un segundo envenenamiento seis meses más tarde, en caso de que fuera necesario. Las especies prometedoras incluían: *Aucoumea klaineana*, *C. angustifolia* y *Cordia alliodora*.

Árboles de *Cedrelinga* plantados bajo dosel en Tingo María, Perú, alcanzaron una altura de 14 a 16 m a los seis años (Burgos 1955). Pruebas efectuadas en Belterra, Brasil, a lo largo del río Tapajós, también arrojaron resultados prometedores después de cuatro años con *Bagassa guianensis*, *Carapa guianensis*, *Cordia goeldiana*, *Schefflera morototoni* y *Swietenia macrophylla* (Yared y Carpanezzi 1981), aunque *Enterolobium maximum* ramificó demasiado, *Aspidosperma desmanthum* y *Genipa americana* crecieron muy lentamente, e *Hymenaea courbaril* mostró tendencia a inclinarse. En Misiones, Argentina, plantaciones bajo dosel con *C. trichotoma* crecieron hasta 10 cm dap y 8 m de altura en siete años (Cozzo 1969). Se tuvieron que abrir grandes claros (de 10 a 15 m) para esta especie.

Una técnica inusitada se aplicó con éxito en el sur de Queensland, Australia (Bevege y Richards 1970; Richards, B.N. 1961). En sitios donde *Araucaria cunninghamii* no prosperaba debido a los suelos pobres, la especie creció bien si se plantaba debajo de una plantación de seis años del *P. taeda*. El éxito se atribuyó a: 1) el papel que juega la fijación del N, 2) la disponibilidad creciente de N debido a cambios en el ciclo del N, y 3) la menor intensidad de luz que mejora el equilibrio de C y N en la *Araucaria* en sitios donde la disponibilidad de N en el suelo es reducida.

Los franceses efectuaron grandes inversiones en plantaciones bajo dosel porque consideraban aún la

plantación bajo sombra era preferible a la tala rasa seguida por reforestación (Lamb, A.F.A. 1966). Eso hizo posible mantener el ambiente del bosque y salvar los latizales que de otro modo se sacrificarían. En 1970, se practicaban dos tipos de plantaciones bajo dosel en África occidental (Wood 1970). Uno de ellos consistía en extraer todos los árboles con ≥ 30 cm dap, y todo el estrato inferior, seguido por la plantación de especies exigentes de luz, como *Cedrela*. El otro método reconocía la necesidad de una sombra inicial para especies como *Entandrophragma utile*; por consiguiente la extracción del dosel se efectuaba gradualmente después de plantar.

A la luz de las experiencias con plantaciones bajo dosel se han extraído las siguientes recomendaciones generales (Dawkins 1958c, 1961c; Foury 1956; White 1976a):

- Usar sólo cuando no hay mercado para posibles raleos.
- Impedir incendios y la presencia de animales ramoneadores.
- No dejar un dosel superior.
- Plantar lo más pronto posible después de la extracción.
- Abrir los corredores de este a oeste.
- En el espaciamiento, considere un 20% más que el diámetro final de la copa, para promover la diversidad del bosque entre las hileras.
- El espaciamiento entre árboles debe ser menor de un quinto de la distancia entre hileras.
- Usar sólo especies vigorosas exigentes de luz (como las de los claros) que también toleran una competencia intensa de las raíces.
- Elegir especies que crecen 1,5 m/año en altura y que se autopodan desde el principio.
- Usar plantones de 1 a 2 m de altura.
- Reducir la competencia de la sombra directa rápida y efectivamente.

- Efectuar raleos en las hileras con base en la forma y la altura, y no el dap (excepto para favorecer los árboles más grandes).

Pocas especies de árboles comerciables cumplen con los requisitos de crecimiento especificados aquí. En África, *Cedrela*, *Maesopsis*, y *Triplochiton* los cumplen, pero no muchas maderas cuya demanda futura es buena podrían ser producidas efectivamente mediante esta técnica.

La plantación bajo dosel ha evolucionado hacia mayores aperturas y limpiezas drásticas para fomentar el establecimiento de especies intolerantes, lo que ha provocado la extracción de casi todo el bosque original (Catinot 1969b). Es probable que haya que envenenar el dosel hasta \$ 30 cm dap, y además hay que cortar el estrato inferior (Wood 1970). En el hemisferio occidental, parte del dosel se deja hasta que los árboles de especies valiosas, como *Cordia* y *Swietenia*, se desarrollan antes de su completa liberación (Fig. 5-2). En todos los casos, sin embargo, el bosque original se reduce en buena medida.

Donde abundan los bosques secundarios accesibles, la plantación bajo dosel quizás sea superior a la regeneración natural o a la plantación a campo abierto. Además, promete un comienzo inmediato de la producción con una inversión pequeña, aún en sitios demasiado pobres como para plantación intensiva. Si las presiones por un cambio a favor de cultivos agrícolas se vuelven demasiado intensas, en vista del largo período de espera para la cosecha final, se pueden obtener productos intermedios como postes, madera para pulpa o leña, de los árboles que sobreviven o que surgen en asociación con el cultivo agrícola principal.

Plantación en grupos. La plantación en grupos es una variación de la plantación bajo dosel. Se plantan grupos de 9 a 25 plantones a distancias de 10 a 20 m entre uno y otro. Los árboles se siembran a aproximadamente 1 m de distancia, generalmente en disposiciones triangulares (Ironsides 1954). La plantación en grupo no se ha usado extensamente pero parece prometedora en ciertos lugares del África occidental (Catinot 1969b). El sistema se ha usado con éxito en el antiguo Zaire (Dawkins 1955a). En Uganda, *Aucoumea*, *C. alliodora* y *M. eminii* son especies que tuvieron un mejor desarrollo plantadas en grupos que en hileras. Dawkins (1958e) recomendó el establecimiento de 75 a 125 grupos por hectárea de 13, 19 o 21 árboles, con espaciamentos de 30 a 60 cm. Los árboles centrales del triángulo tienden a crecer

derechos y libres de malezas y trepadoras. En Surinam, grupos que contienen sólo tres árboles, generalmente *A. klaineana*, *Cedrela angustifolia* o *Cordia alliodora*, se han espaciado con 5 a 10 m de separación. Pruebas efectuadas en Brasil con *S. macrophylla* bajo mucha sombra demuestran cierto éxito para combatir el gusano barrenador. Generalmente, sin embargo, las plantaciones del sotobosque en hileras tienen un mayor potencial de selección de árboles de futura cosecha que la plantación en grupos, y quizás requiera una menor cantidad de material de plantación.

Forestación. Sólo se confía en la forestación cuando es necesario plantar árboles para desarrollar una cobertura forestal o un cultivo de madera en dos situaciones: donde no hay cobertura previa (repoblación forestal o aforestación), o donde se había eliminado (reforestación). Aún donde el aclarado del terreno u otra preparación del sitio no se necesita o son comparativamente baratos, la inversión inicial requerida para la forestación es suficientemente alta como para exigir un terreno favorable, suelo de calidad y accesibilidad -características que quizás también ejerzan gran presión para usos contrarios, marginales y agrícolas. Para madera de aserrío, la cantidad de árboles plantados



Fig. 5-2. — Los árboles plantados en aperturas del dosel tienden a desarrollar fustes derechos.

quizás sea mucho más que los de cosecha final, ya que el exceso se ralea, siendo sacrificado o cosechado como producto intermedio.

El potencial de la forestación para la productividad es enorme, pero también lo son los riesgos. Generalmente, los rendimientos de árboles aprovechables y de buena calidad sobrepasan en mucho los rendimientos de los demás sistemas de producción. Pero los fracasos son comunes y a menudo extensos, porque no se reconocen las restricciones de los sitios y los límites de adaptabilidad de las especies arbóreas (pocas de las cuales son verdaderamente “nativas” en sitios deforestados y particularmente deteriorados).

Composición de la plantación

La composición de especies de una plantación es la clave principal de su éxito o fracaso, en términos de productividad, rendimiento y rentabilidad.

Evaluación de las especies arbóreas. La plantación de especies forestales se ha efectuado en todos los países tropicales, y en cada uno se ha dado una búsqueda de especies de árboles inigualables, como parecía ser la teca en la India. Muchos fracasos convencieron a la mayoría de los forestales de que no debían emprender grandes plantaciones en los trópicos, sin hacer antes pruebas de especies (Lamb 1968a). La necesidad de efectuar tales pruebas fue evidente en Hawái, un grupo de islas con pocas especies de árboles nativos. Entre 1921 y 1947, se introdujeron casi 700 especies de árboles y se plantaron casi 10 millones de árboles (Bryan 1947). De esas especies sólo 72 se adaptaron bien. Sin embargo, la selección de especies continúa siendo arbitraria, a pesar de (o posiblemente debido a) la gran experiencia y tradición. Además, el problema se ha exacerbado porque la información pertinente no se la comunican a los que eligen las especies. A la disposición hay una cantidad de buena información en excelentes compendios, tales como Streets (1962), Fenton *et al.* (1977), Jacobs (1981), Francis (1984-presente) y Webb *et al.* (1984).

La selección errónea de especies continúa provocando muchos fracasos en las plantaciones de los trópicos porque los encargados no toman en cuenta el clima intrincado y los patrones del suelo en regiones montañosas, y toda la degradación del sitio causada por las prácticas previas de cultivo, pastoreo o incendios. Aún entre especies adaptadas, una selección cuidadosa es importante porque, si se eligen las mejores

variedades, se pueden duplicar los rendimientos (Krishnaswamy 1957b).

Los rendimientos de las coníferas y de los eucaliptos generalmente incluyen los productos de los raleos. Rendimientos anuales de 28 m³/ha/año (43 m³/ha/año en sitios de primera clase) son comunes. Aún mayores rendimientos se han registrado a partir de clones en Brasil. Estos rendimientos contrastan con una gama de 14 a 21 m³/ha/año para otras especies, para las cuales los raleos son de poco valor.

Según Dawkins (1964a) en el trópico es posible alcanzar rendimientos que sobrepasan 30 m³/ha/año a altas elevaciones o latitudes, en zonas con noches frías o con una estación fría. Su hipótesis es que en las tierras bajas ecuatoriales, la respiración puede ser tan rápida y continua que las pérdidas resultantes del fotosíntato reducen significativamente la productividad neta.

Cualquiera que sea la causa de la alta productividad, esta ha sido el criterio principal para la selección de especies para plantaciones, y a menudo la selección se hace con base en el comportamiento inicial de árboles que todavía no han ocupado el espacio total disponible. Se justifica una evaluación más completa. Odum (1969) indica que la elección de una especie por su calidad suculenta y su crecimiento, implica mayores inversiones en el control químico de las plagas, aumentando la posibilidad de envenenar organismos útiles, sin mencionar a la gente y al ambiente. El se pregunta por qué no practicar la estrategia opuesta; es decir, seleccionar plantas no palatables o que producen sus propios insecticidas sistémicos a medida que crecen.

Bunting (1976) sugiere que la selección se haga, no con base en la competencia sino en el comensalismo (un organismo beneficia, el otro no se daña), el mutualismo (ambos organismos benefician), o la compatibilidad (los organismos se llevan bien, con poco o ningún costo para ninguno).

A la larga, el carácter sostenible de las distintas especies de las plantaciones será la consideración primaria. La importancia de esto se ve en los efectos de las distintas especies sobre las reservas de nutrientes en el suelo, a través de un período de 18 años (Cuadro 5-10).

Schulz y Rodríguez (1966) concluyen que la decisión final sobre la selección de las especies madereras siempre se basa en consideraciones económicas. La

aceptación de un producto por la industria y el comercio es fundamental. Por consiguiente, especies de árboles desconocidas en el mercado, aunque tengan excelentes características silvícolas, quizás no ameriten ser seleccionadas para las plantaciones.

Barnes y Mullin (1976) sugieren que la productividad de las plantaciones podría aumentar aún más si se mejora la adaptabilidad de las especies aceptadas mediante el cultivo y manejo, en vez de seguir buscando nuevas especies. Burley (1980b) describió una secuencia lógica para la selección: 1) determinar las especies adecuadas para el sitio mediante pruebas de eliminación; 2) aplicar una fase de prueba a las especies posibles, 3) mejorar genéticamente las especies seleccionadas.

Plantaciones puras y mixtas. La búsqueda de simplicidad ha promovido el establecimiento de plantaciones puras de árboles madereros, pero desde tiempo atrás se debate sobre las ventajas y desventajas de los monocultivos y policultivos o cultivos mixtos. Laurie (1941c) y Wakeley (1954) esbozaron como ventajas de las plantaciones mixtas: 1) mantienen o mejoran la calidad del sitio, 2) aseguran que la plantación completa no sea destruida por un solo agente (tales como insectos u hongos), 3) podrían mejorar la forma del fuste (competencia lateral), 4) permiten comparar el desempeño de distintas especies, (5) aseguran que el crecimiento no se estanque, si el raleo se debe prorrogar, 6) garantizan el abastecimiento de semillas de buena fuente de más de una especie, 7)

producen un rendimiento de mayor valor si se tienen dos o más especies compatibles. Sin embargo, parte del apoyo a las plantaciones mixtas es más emocional que intelectual. Una plantación mixta armoniza mejor con la vegetación natural de los trópicos húmedos; por lo tanto, la tendencia es de confiar en las plantaciones mixtas y dudar de los monocultivos, y puntos de vista presentados en forma abstracta y sin apoyo (Dickenson 1972) hacen poco por clarificar el asunto. La situación es tal, que el término monocultivo ha adquirido una connotación negativa, entre otras, por las siguientes razones: 1) la amenaza de que se produzca una demanda excesiva por ciertos nutrimentos del suelo, 2) la acumulación de sustancias alimenticias y un ambiente propicio para la cría de insectos y hongos, 3) un desequilibrio en el rendimiento de los nutrimentos al suelo, 4) una protección dudosa al suelo, 5) poca o ninguna variedad de alimentos para los pájaros (Boyce 1954).

Florence (1967) predijo que la declinación de la productividad es más probable en bosques puros que en los mixtos, debido a la probabilidad de que ciertos nutrimentos escaseen cuando se los recicla según las necesidades de una sola especie. Sin embargo, este efecto puede ser amortiguado por la composición de la hojarasca, que tiende a reflejar el contenido de nutrimentos de las copas.

A pesar de estas inquietudes, en Nueva Zelandia donde existen vastas extensiones de plantaciones puras de *P. radiata*, no se han registrado planes oportunos para la

Cuadro 5–10.—Efectos de distintas plantaciones de árboles tropicales en las reservas de nutrimentos en el suelo durante 18 años			
Sitio y especie	Rotación (año)	Cambio en la cantidad de nitrógeno (%)	Cambio en la cantidad de potasio (%)
Suelo muy fértil			
<i>Eucalyptus</i>	3.0	−∠0.9	— ^a
<i>Leucaena</i>	4.5	+24.7	— ^a
<i>Pinus</i>	1.0	— ^a	−∠0.2
Suelo infértil			
<i>Eucalyptus</i>	3.0	+∠9.5	— ^a
<i>Leucaena</i>	4.5	+213.0	— ^a
<i>Pinus</i>	1.0	— ^a	−∠7.5
Fuente: Jorgensen y Wells 1986.			
^a Sin medir.			

plantación de ninguna otra especie. Sin embargo, la opinión de la gente responsable favorece el desarrollo de otras especies, como alternativa, por si acaso se necesitan (Anón. 1979a).

Con base en las experiencias en Ghana, Foggie (1957) concluyó que las plantaciones puras de madera se deben evitar, excepto donde tales plantaciones son necesarias por razones económicas o de otra índole, y que se debería permitir que el estrato inferior natural se desarrolle, apenas el cultivo principal comienza a dominar. Sin embargo, Foggie describe las complicaciones del manejo que surgen si se usan especies mixtas con distintas tasas de crecimiento. *Terminalia* y *Triplochiton* crecen cuatro veces más rápido en altura que las *Meliaceae* africanas y forman copas mucho más temprano; por lo tanto, la mezcla con especies más lentas tiende a prolongar el período de cultivo.

La experiencia en Inglaterra sugiere que el uso de tres o cuatro especies quizás sea más productivo, pero es una práctica complicada (Darrah y Dodds 1967). Mezclas de especies coníferas y latifoliadas son exitosas si las coníferas sobrepasan a las latifoliadas y se pueden vender antes. Se sugieren patrones especiales para el establecimiento de la plantación, con el fin de acomodar las diferencias en la formación de las copas.

Una observación efectuada en Inglaterra parece ser aplicable a los sitios degradados que generalmente se plantan en los trópicos. Los sitios pobres tienden a restringir la selección de especies y resultan en monocultivos (Malcolm 1979).

Laurie (1941c) describió varios intentos de efectuar mezclas en la India que aparentemente fracasaron. Las mezclas con teca resultaron en formas más pobres del árbol que las que se obtienen en rodales puros. Aún las especies complementarias no son de valor igual, así que las mejores especies presumiblemente serían más valiosas si estuvieran solas. La mezcla de teca con *Pterocarpus marsupium* suprimió a la teca, en tanto que teca con *S. macrophylla* resultó en que esta dominara a la teca en suelos apropiados para la teca y que la teca dominara a *S. macrophylla* en latosoles. Si se mezclan *Gmelina arborea* y *Dipterocarpus turbinatus*, la primera es tan dominante que se tiene que ralea demasiado para permitir que crezca *D. turbinatus*. La mezcla de teca con un sotobosque de bambú (*Melacanna*) dio resultados positivos.

Una afirmación ya vieja sobre la teca (Champion 1932) todavía es interesante:

Desde el punto de vista puramente económico, el valor de la madera de la teca es tanto mayor que el de cualquier otra especie con la cual puede crecer, que aún los árboles relativamente pobres son mejor negocio que cualquier otra alternativa. Por consiguiente, se justifican los gastos que ayudan a solventar las dificultades silvícolas, si es que las hay.

En apoyo de las mezclas, se ha indicado que aunque las especies pueden crecer puras en la naturaleza, no existe ningún indicio de que desde el punto de vista comercial, se deban cultivar de la misma forma (Peace 1957). La falta de especies competidoras en el sitio natural puede deberse a otras causas que no tengan nada que ver con la preferencia de la especie.

Un problema casi universal con la mezcla de especies es su mantenimiento. Diferencias en las tasas de crecimiento resultan en que una especie se vuelve dominante, mientras que las demás se van quedando atrás (Anón. 1952g, White 1976a).

Un ejemplo que involucra a dos especies de crecimiento rápido en las Filipinas ilustra algunas de las dificultades del manejo de las mezclas (Zabala 1975). Las dos especies, *Paraserianthes falcataria* y *Anthocephalus chinensis*, se plantaron a espaciamientos de 2 m x 2 m. Después de cinco años y medio, los árboles de *P. falcataria* eran más grandes en dap y volumen que en un monocultivo, mientras que los de *Anthocephalus* eran más pequeños. Los primeros suprimieron a los segundos y aparentemente se apoderaron de su espacio.

Las experiencias en Puerto Rico dan mayores ejemplos de las dificultades del manejo de mezclas de especies. Dos o más especies que inicialmente se pensaba eran compatibles, rara vez lo son. Si una crece más que la otra, la de crecimiento más lento se debe preservar, sacrificando de tal modo la productividad, o sacrificar, a expensas de la mezcla. Si se mezclan una especie intolerante de crecimiento rápido y una otra especie tolerante de crecimiento más lento, quizás se resuelve el problema de la compatibilidad, pero el resultado es dos rotaciones, mediante las cuales el cultivo más tardío se somete a los daños de la tala del primer cultivo, mientras que las tasas de crecimiento de ambos cultivos son probablemente más lentas.

Lo que se ha dicho aquí parece ser una defensa de las plantaciones puras, pero no es una objeción en contra de las especies del estrato inferior, distintas del cultivo principal, a menos que constituyan un serio peligro de incendio. Por lo general, los sotobosques consisten de especies mixtas nativas.

Las plantaciones puras, aún de teca, han sido criticadas desde un principio, a pesar de que el llamado “problema” de la plantación pura de teca era una falsa alarma, si se usan buenos sitios y buenas variedades (Laurie y Griffith 1937). Un argumento favorito de los que adversan los monocultivos es “la enfermedad del abeto Sajón”, una progresión de cosechas cada vez peores en plantaciones sucesivas de abetos en Alemania, en un sitio antiguamente cubierto por un bosque mixto de especies latifoliadas (Smith 1962). Sin embargo, estudios a fondo han demostrado que ese fenómeno ocurrió porque en ese sitio se plantó una especie incorrecta, y no por el monocultivo.

El fomento de la diversidad en sí, por otro lado, quizás no mejore la estabilidad del ecosistema (Murdoch, citado por Clarke 1976). La variable esencial no es simplemente el mayor número de especies, sino las especies mismas y las interacciones entre ellas.

Las observaciones iniciales en plantaciones puras de teca en la India no apoyaron las serias inquietudes que se expresaban en aquel entonces (Kadambi 1945). No se disminuyó el crecimiento. El sotobosque en rodales bien manejados parecía controlar la erosión. Ni el acanalado de los troncos ni el daño producido por insectos eran peores que en los bosques naturales. Además, la madera se vendió al mismo precio que la madera de crecimiento antiguo.

Un estudio del contenido de nutrimentos de la hojarasca en Brasil no proporcionó evidencias de que el monocultivo, por sí, provocara un mayor agotamiento de las reservas de nutrimentos del suelo que las mezclas, siendo todos los demás parámetros iguales (Chijioke 1980). El agotamiento rápido de los nutrimentos se asocia claramente con el crecimiento rápido, rotaciones cortas y cosecha a tala rasa; pero se necesitan mayores estudios para demostrar si un sólo cultivo inmoviliza los nutrimentos más rápido que un cultivo mixto.

Rendimientos. Las plantaciones puras de gran extensión no se hubieran establecido ni continuado si no hubieran argumentos en su favor. Una declaración clásica de

Champion (1933) manifiesta la posición adoptada que resultó en el establecimiento de extensas plantaciones de teca en el sur y sureste asiático:

Aún más que en Europa, las especies únicas tienden a sobrepasar económicamente a todas las especies asociadas, hasta tal punto que, solamente desde el punto de vista financiero, las especies asociadas de mayor potencial, son incapaces de igualar el rendimiento de un cultivo puro, cuya clasificación inferior equivale a dos clasificaciones menores a las suyas. Ya que nunca se ha demostrado que la calidad del suelo disminuye, es improbable que la formación de bosques mixtos mejore las condiciones del suelo más que una fracción de la clasificación de calidad, mucho menos dos. Una mejoría tan pequeña puede obtenerse igualmente con un buen sotobosque natural y mixto. Se necesitan más investigaciones al respecto, pero parece que la formación de mezclas para el mantenimiento o mejora de la calidad de un sitio probablemente no valen la pena.

Las famosas plantaciones de Changa Manga en Paquistán son mezclas de varias especies de árboles destinadas principalmente a la producción de leña. Cuando un visitante australiano vio la posibilidad de duplicar los rendimientos plantando eucaliptos (Pryor 1968a), recomendó específicamente en contra de una mezcla de *Eucalyptus* con *Dalbergia* y *Mora*, las mezclas de especies que se habían plantado hasta entonces. En vez, recomendó que se ensayaran tres especies de *Eucalyptus* y luego que se eligieran las especies que mejor se adaptaban a cada sitio.

La perspectiva de que una plantación de cultivos mixtos produzca un “super-rendimiento” (eso es, exceda el rendimiento de cualquier cultivo único) es uno de los atractivos de las mezclas de especies. Desde el punto de vista financiero, un resultado tal debe ser extremadamente raro. El rendimiento mixto de 572 pastos y granos generalmente resultó en un rendimiento intermedio del obtenido en monocultivo por los componentes mejores y peores (Trenbath 1974). Los rendimientos relativos se aproximaban a la unidad; eso es, lo que una especie ganaba, otra lo perdía. En los pocos casos en que el rendimiento de la mezcla sobrepasaba al monocultivo, no se podía estar seguro de si los resultados se podían repetir.

Un ejemplo interesante de super-rendimiento de árboles forestales se halla en Hawai (DeBell *et al.* 1985). Se

plantaron *Eucalyptus* con árboles leguminosos en hileras alternadas a espaciamientos de 2 m x 2 m. Los eucaliptos de la mezcla fueron de mayor tamaño que los de rodales puros a los 65 meses; además, los bosques mixtos produjeron 1,4 a 2,5 veces más fibra de madera seca que la plantación pura (Cuadro 5-11). Los niveles de nutrimentos en las plantaciones mixtas de *Eucalyptus* sugieren una contribución de los árboles leguminosos. Resultados similares se registraron en el noroeste de los EE.UU en un rodal de 27 años de *Pseudotsuga*, con y sin sotobosque de *Alnus*, una especie fijadora de nitrógeno (Tarrant 1961). El contenido de N del follaje de *Pseudotsuga* y del suelo fue significativamente mayor con el *Alnus*. Después de 20 años, *Pseudotsuga* en rodales mixtos también crecía más rápidamente.

Laurie (1941c) consideró que las mezclas brindaban protección contra los ataques de insectos, pues al estar separados los árboles de una misma especie se retrasaba la diseminación de las plagas. Sin embargo, en plantaciones cerradas de pocas especies, tal protección quizás sea imperceptible. Además, no aportó evidencia de que la mezcla afectara significativamente la incidencia de ataques de insectos o enfermedades. Sin embargo, un sotobosque mixto es un buen hábitat para los parásitos y depredadores de los insectos.

Cuadro 5-11.—Sobreproducción de *Eucalyptus* plantado con árboles leguminosos en Hawái

Tipo de plantación	Resultados a los 65 meses		
	dap (cm)	Altura (m)	Peso seco (t/ha/año)
<i>Eucalyptus saligna</i> puro	9.5	11.6	6.9
Mixta			
<i>Eucalyptus</i>	12.1	14.9	6.5
<i>Acacia melanoxylon</i>	9.3	11.3	3.0
Total			9.5
Mixta			
<i>Eucalyptus</i>	15.3	19.0	10.7
<i>Paraserianthes</i> <i>falcata</i>	14.6	18.1	6.8
Total			17.5

Fuente: DeBelle et al. 1985.

Nota: La sobreproducción se define como el rendimiento adicional de *Eucalyptus* en asocio con leguminosas, en comparación con la plantación pura.

Los ataques del gusano barrenador, *Hypsipyla* spp., han provocado el abandono de *Cedrela* como cultivo puro en gran parte del neotrópico. Se propusieron plantaciones mixtas hace tiempo (Andrade 1957), y en algunas zonas los ataques del barrenador se ha reducido aunque no eliminado. El descubrimiento de que los insectos tienen un radio de vuelo limitado tiende a explicar la reducción (Grijpma 1976).

Un resumen de la experiencia con monocultivos forestales concluyó en que el sistema se relaciona directamente con el aumento en la cantidad y severidad de plagas y enfermedades en los cultivos forestales (Gibson y Jones 1977). Los efectos de las enfermedades han sido mayores en los viveros y en las etapas iniciales de las plantaciones. Pero gran parte de este aumento se atribuye a las condiciones uniformes y apiñadas de las plantaciones y a las operaciones del cultivo que a menudo tienden a exacerbar otros problemas.

Algunos creen que los pronósticos más pesimistas de los peligros que resultan de los monocultivos forestales se han justificado completamente (Gibson y Jones 1977). Sin embargo, muy pocas epidemias de plagas forestales y enfermedades en los trópicos pueden atribuirse a los sistemas de monocultivo. Los forestales han evitado las plagas mediante una elección estratégica de las especies. La economía de las plantaciones intensivas permite invertir en protección. Además, la naturaleza compacta de las plantaciones de manejo intensivo ayuda al control de las plagas (Gibson y Jones 1977).

Peace (1957) cita el ejemplo del hongo *Armillaria mellea*. Si este hongo ataca a un rodal puro, el daño es serio. En un rodal mixto, el ataque es menos devastador si una o más de las especies que lo componen es resistente. Desde luego, si todos los árboles son de especies resistentes (lo que tiende a la pureza), el ataque tendría el menor impacto posible. Dicho de otro modo, si existen dos o aún cinco especies en la mezcla, los árboles de cada especie estarían tan cerca el uno del otro que, en un ataque de plagas o enfermedades, todos los árboles de la misma especie sufrirían de la misma manera que si crecieran en un bosque puro. Si solo una especie de la mezcla es susceptible al daño, eso representaría sólo la mitad o un quinto del rodal, en vez del rodal entero si se tratara de una plantación pura. Del mismo modo, sin embargo, la probabilidad de que ocurra una epidemia que afecte a una sola especie en una plantación pura debe ser la mitad o un quinto de lo que sería si dos o cinco especies estuvieran expuestas al

ataque. Teóricamente, el riesgo debe ser el mismo. Las advertencias de los teóricos sobre la susceptibilidad de los monocultivos a los riesgos de pestes y enfermedades se apoyan en sólo unos pocos ejemplos en los trópicos, según las observaciones de Rosayro (1954) y su afirmación aparentemente todavía es válida.

Las plantaciones recientes de *Leucaena leucocephala* en rodales puros en el Asia y el Pacífico han enfrentado un insecto defoliador llamado ‘pulgón de leucaena’ (*Heteropsylla cubana*) (van den Beldt y Napompeth 1992). Los primeros informes describieron una muerte regresiva súbita y generalizada. Para el segundo año, la peste había alcanzado su punto máximo, pero al tercero casi había desaparecido. Aún las variedades más susceptibles de leucaena sobrevivieron en zonas infestadas. La resistencia puede deberse en parte a la existencia de variedades resistentes en las cercanías.

Especies nativas versus exóticas. De las miles de especies que crecen en bosques tropicales naturales, muchas son muy valiosas como para justificar su cosecha para uso humano. Entonces, ¿qué mejor fuente de árboles para cultivo que los bosques nativos?; o bien, ¿no hay peligro de que las especies exóticas borren del mapa a las especies nativas? Estos razonamientos han constituido un fuerte apoyo para el uso de especies nativas, siempre que fue posible (Parker 1940).

El término ‘exótico’ no siempre se usa en un sentido ecológico, sino que comúnmente se refiere a fronteras políticas en vez de naturales. Por ejemplo, algunas especies de lo que hoy es Myanmar se consideraron exóticas en la India cuando los dos países se separaron en 1937. ¿No son las especies del litoral igualmente exóticas para las tierras altas del mismo país? Del mismo modo, la frase ‘especie nativa’ quizás no tenga mucho significado. Aunque una especie nativa de una zona puede estar mejor adaptada al sitio que una especie no nativa, el sitio en el que se está plantando rara vez se parece exactamente al sitio donde la especie nativa crecía en forma natural. La cuestión importante es descubrir si la especie es “nativa” o “exótica” con respecto a un sitio que ha sido repetidamente aclarado, quemado, cultivado o pastoreado. Estos cambios posiblemente son tan drásticos que las especies que no se encontraban en el antiguo bosque nativo, quizás sean las que mejor se adaptan al sitio. Una amplia capacidad de adaptación a tales condiciones caracteriza a los eucaliptos y a los pinos, y explica su gran popularidad en los trópicos. En la selección de especies,

el desempeño futuro es más importante que el origen. Si se rechaza arbitrariamente a las especies exóticas, se excluyen muchas especies que quizás nunca tuvieron la oportunidad de emigrar al sitio, pero que no les falta capacidad de adaptación para ello.

Para ser exitoso, un árbol maderable exótico debe ser: 1) capaz de servir un propósito particular mejor que las especies locales disponibles; 2) apropiado al clima y al suelo de la región; 3) de fácil crecimiento y regeneración; 4) resistente a peligros como incendios, insectos, enfermedades y pastoreo (Laurie 1941g). Estos requisitos parecieran severos, y es razonable preguntar cómo un árbol exótico puede ser capaz de desempeñarse mejor que las especies nativas. Sin embargo, algunas especies exóticas prometedoras tienen un vigor y una tasa de crecimiento extraordinarios. Rechazando la teoría que las especies forasteras son inherentemente más agresivas simplemente porque son forasteras, Egler (1942) indicó que en Hawai, las especies exóticas parecen ser exitosas porque el ambiente de la región ha sido alterado por los seres humanos; si la influencia humana desapareciera, las ventajas de las especies exóticas disminuirían.

La introducción de especies exóticas quizás esté condenada al fracaso si no provienen de un ambiente similar, o por otro lado, podrían escaparse de las manos y “naturalizarse”, algo que la mayoría de las veces se considera indeseable. Aún la especie exótica seleccionada con el mayor cuidado, necesita de ensayos para comprobar su adaptabilidad y desempeño en el sitio mientras la plantación se mantiene en pequeña escala.

Las primeras introducciones de especies se basaban en datos imprecisos sobre los requisitos y utilidad de las especies, y aún sobre su identidad. Hasta 1960, se habían introducido 837 especies en Hawai (Nelson 1965). Se plantaron 80 especies con más de 10 000 árboles para cada especie. De 16 especies neotropicales se plantaron 1 290 000 árboles; pocas resultaron prometedoras.

Las pruebas iniciales de plantación en América tropical favorecieron el uso de especies nativas. Gonggryp (1948), después de una serie de pruebas iniciales en Surinam, recomendó mayores estudios con *Bertholletia*, *Carapa*, *Caryocar*, *Eperua*, *Goupia*, *Hymenaea*, *Manilkara*, *Mora*, *Schefflera*, *Triplaris*, *Virola* y varias especies nativas de Lauraceae.



Fig. 5-3. — La necesidad de evitar un control de malezas costoso ha conducido a la selección de especies de árboles de crecimiento inicial muy rápido, según lo ilustra el desarrollo de *Anthocephalus chinensis*, en su primer año.

Del Brasil también llegaron propuestas para uso al máximo la flora forestal nativa (Klein 1966, Pitt 1966, Wasjutin 1951). Se pensaba que si se sustituía la flora nativa con especies foráneas, se crearían disonancias entre el suelo, la flora y la fauna de la región. Se sugirieron listas de especies pioneras para plantaciones de ensayo con géneros, como *Andira*, *Araucaria*, *Aspidospermum*, *Balfouradendron*, *Buchenavia*, *Calophyllum*, *Cedrela*, *Chlorophora*, *Colubrina*, *Copaífera*, *Cordia*, *Hyeronima*, *Jacaranda*, *Lonchocarpus*, *Manilkara*, *Myriocarpus*, *Ormosia*, *Piptadenia*, *Tabebuia* y *Xylopia*.

En la India, numerosas especies nativas tienen mejor crecimiento que las exóticas (Qureshi 1968a). Especies de géneros como *Anthocephalus*, *Artocarpus*, *Gmelina*, *Lophopetalum*, *Michelia*, *Terminalia* y *Toona* son capaces de exceder 10 m³ /ha/año (Fig. 5-3).

Además de las especies madereras conocidas, existen muchas otras que se usan rara vez, aún dentro de su rango natural; entre ellas, *Acacia albida*, *Brosimum alicastrum* y *Prosopis tamarugo*, para forraje y proteína; *Caryocar brasiliensis*, *Gulielma utilis* y *Orbignya martiana*, para aceite; *Simmondsia chinensis*, para cera y aceite (McKell 1981). Estas especies prosperan bajo condiciones adversas aparentemente porque son nativas.

Las pruebas iniciales de plantación en la región del Pacífico colombiano (300 a 440 cm de precipitación

anual) indican que las especies nativas tienen mejor comportamiento que las exóticas (Peck 1976a). Se rechazó al *Anthocephalus chinensis* por su mala forma; se definieron como promisorias *Cedrela spp.*, *Cordia alliodora*, *J. copaia*, *Ochroma lagopus* y *Zanthoxylum tachudo*.

En Malasia, un país bien equipado de especies nativas, no se introdujeron especies exóticas hasta mucho después que en otros países. Barnard (1953) afirmaba que la calidad de la madera, la forma del tronco y la tasa de crecimiento de muchas especies arbóreas nativas dejaban poco que desear; concluyó que las especies exóticas tendrían que ser muy sobresalientes en cuanto a calidad de la madera, tasa de crecimiento y facilidad de establecimiento para ser introducidas en lugar de las especies nativas, para las cuales se podía establecer la regeneración de manera exitosa y económica.

Con el aumento de la población en los trópicos y la demanda creciente por maderas útiles, se han desarrollado mercados para un mayor número de especies de árboles nativos. Sin embargo, tal demanda no se abastece y la escasez a nivel regional sólo ha de empeorar. Con ello, el énfasis de la producción de madera se ha puesto en la cantidad, más que en la calidad. A pesar de las presuntas ventajas de las especies nativas, la necesidad por mayores rendimientos ha provocado una reevaluación de sus méritos. Así, a pesar de que actualmente se fomenta el uso de especies nativas, la experiencia en cuanto a la producción de madera en los trópicos ha resultado casi universalmente en una preferencia por maderas exóticas. Por ejemplo, aunque hasta 1937 se habían probado 450 especies de árboles nativos en la India (Sen Gupta 1937), las especies exóticas se usan más extensamente. Las especies exóticas son especialmente populares para la producción de pulpa en los peores sitios, como suelos arenosos, dunas, pantanos y suelos agotados, donde los bosques nativos consistían de una mezcla de baja calidad y poco valor comercial (Chaudhuri 1952).

Era evidente que las necesidades por madera de construcción en la India exigían una producción más rápida de lo que era posible con muchas especies de árboles nativos (Sahni 1965). En las regiones secas especialmente, las especies nativas crecen muy lentamente (Kaul y Nambiar 1966); además, la mayoría de las maderas nativas son pesadas, duras y difíciles de secar. Por consiguiente, de 1958 a 1966, se introdujeron 277 especies de árboles y matorrales para leña y forraje



Fig. 5-4. — Los eucaliptos han sido extensamente seleccionados en el neotrópico debido a su rápido crecimiento y capacidad de adaptación a suelos degradados.

en Jodhpur; 15 resultaron promisorias, incluyendo ocho especies de *Eucalyptus*.

En la India, una plantación exótica de 15 años de *E. camaldulensis* acumuló más materia orgánica que un bosque mixto nativo de 55 años de *Shorea robusta* (Jha y Pande 1984). Las propiedades físicas del suelo también eran mejores bajo *Eucalyptus* que bajo *Shorea*. *Eucalyptus* aumentó el pH del suelo mientras que *Shorea* lo redujo.

La mayor resistencia al fuego de ciertas especies exóticas hizo que se introdujeran en las sabanas africanas (Adekunle 1965). En las praderas norteafricanas del sur del Camerún y en las sabanas de Nigeria, los eucaliptos y los pinos fueron más resistentes al fuego y produjeron más leña que los árboles nativos.

En Nigeria, la necesidad de puntales para las minas de Enugu hizo que se establecieran plantaciones de la especie nativa *Nauclea*, las cuales fracasaron, por lo que se las sustituyó con la especie exótica *Gmelina*, que sí tuvo éxito (Foote 1953). En África del Sur entre 1912 y 1927, se ensayaron 15 especies nativas; ninguna produjo rendimientos adecuados (Pudden 1957a). *Juniperus procera* (cedro lápiz del África oriental) se plantó en gran escala; *Ocotea usambarensis* (alcanfor) se adaptó sólo en elevaciones altas. Mientras tanto, las plantaciones de *Eucalyptus* ya eran productivas desde 1910, produciendo leña para el ferrocarril. Ensayos con

48 especies de coníferas demostraron que tres especies de *Cupressus* y dos de *Pinus* (*P. patula* y *P. radiata*) eran prometedoras. Otras pruebas con 150 especies de latifoliadas, incluyendo 70 eucaliptos, demostraron la buena capacidad de adaptación de *E. saligna* y *E. globulus* (Fig. 5-4).

En las sabanas de Nigeria, la comparación entre especies nativas plantadas para leña y especies de la India, como *Azadirachta indica*, *Senna siamea* y *Dalbergia sissoo*, fue desfavorable para las nativas (Page 1948). Ninguna especie de la sabana de Nigeria crece más de 2 m de altura por año, y muchas crecen mucho más despacio. Sin embargo, especies africanas nativas como *Daniellia oliveri*, *Khaya senegalensis* y *Prosopis africana*, se abren paso a través del pasto y los matorrales durante sus etapas juveniles y toleran ciertos daños producidos por los incendios, algo que las especies asiáticas no pueden hacer.

En las zonas secas del Sudán, los únicos géneros nativos que han producido madera comercial son *Juniperus* y *Podocarpus*, y ambos requieren 150 años para alcanzar la madurez (Jackson 1960). Por otro lado, especies exóticas como neem (*Azadirachta*) y *S. siamea* fueron promisorias por su madera para leña. De forma similar, en Costa de Marfil, el lento crecimiento de las especies nativas promovió la introducción de especies exóticas (Mensbruge 1968).

En 1957, ya se ensayaban 110 especies de árboles madereros exóticos en lo que hoy es Malawi (Willan y McQueen 1959). En 1960, los árboles principales usados en Uganda eran especies americanas: *Cupressus benthami*, *C. lindleyi*, *Pinus caribaea* y *P. patula* (Luehars 1960), y se ensayaba con otros pinos y *Abies religiosa*, también americanos. Casi en la misma época, se ensayaba con 18 especies americanas en el Arboreto de Maguga, Kenia, incluyendo (además de las que ya se han mencionado), *Araucaria angustifolia*, *Cedrela odorata*, *Fraxinus berlandieriana*, *P. ayacahuite*, *P. engelmannii*, *P. leiophylla*, *P. montezumae*, *P. occidentalis*, *P. oocarpa* y *Prunus salazii* (Howland y Griffith 1962).

En Fidji, el crecimiento de las especies madereras nativas, incluso la conífera de mayor cobertura, *Agathis vitiensis*, también resultó ser lento (Cottle 1957, Loweth 1953). Entre las especies nativas, sólo *Endospermum macrophyllum* parece ser prometedor; su madera blanda se usa principalmente para la construcción y para

cajones. Entretanto, se introdujeron 74 especies más promisorias.

En Surinam, se ensayaron 30 especies nativas, incluyendo *Carapa* y *Hura* en grandes plantaciones, y se llegó a la conclusión que tales especies no garantizan el establecimiento de plantaciones extensas (Schulz y Rodríguez 1966): el crecimiento era lento y mala la forma del árbol. Dos excepciones fueron *Simarouba amara* y *V. surinamensis*. Puerto Rico ha tenido una experiencia similar, aunque se ensayaron más de 100 posibles candidatos de madera nativa (Wadsworth y Schubert 1977).

Wright (1976) sugiere las siguientes razones por las cuales las especies nativas se comportan peor que las exóticas:

- La selección natural favorece la supervivencia más que las características económicas.
- La respuesta evolutiva es más lenta que los cambios ambientales.
- Los cambios causados por los seres humanos no generan reacciones evolutivas.
- Las posibilidades evolutivas de la flora nativa son limitadas.
- Las especies nativas pueden ser diezmadas por pestes introducidas.
- Las especies nativas son más sensibles a la plantación.
- La distribución natural de las especies puede estar limitada por factores que no se relacionan con su desempeño.

Un ensayo efectuado en 1966 con árboles de crecimiento rápido en los países tropicales de la Mancomunidad Británica demostró que de 19 especies probables, tres eran americanas, *C. odorata*, *Cordia alliodora* y *Swietenia macrophylla* (Pitt 1966). De 28 especies posibles, *Araucaria angustifolia*, *Enterolobium cyclocarpum* y *Simarouba amara* provenían de América. Las especies americanas de baja densidad incluían los siguientes géneros: *Bombax*, *Cecropia*, *Ceiba*, *Jacaranda*, *Ochroma* y *Trema*.

Según Wood (1974) el área de bosques económicamente renovables bajo manejo sostenible en los países

tropicales es pequeña porque las prácticas de cultivo y las largas rotaciones que se consideraban prácticas en el pasado ahora son de dudosa factibilidad. Aparte de unas pocas especies, como *Terminalia* en África occidental, *Maesopsis* en Uganda, *Cordia* e *Hibiscus* en el Caribe y *Tectona grandis* en el sur y sureste de Asia, los árboles nativos crecen demasiado despacio, un lujo que sólo los países ricos en bosques se pueden permitir. Así que en la planificación a largo plazo no se debe excluir la posibilidad de incluir especies exóticas en plantaciones.

La alta productividad de los eucaliptos como especies exóticas se atribuye en parte a los mayores niveles de nutrimentos (particularmente N y P) en el exterior que en su Australia nativa (Pryor 1968a), y al alejamiento de los insectos en su ambiente natural. De acuerdo con Jacobs (1956), bajo condiciones apropiadas, las especies de eucalipto de sabana crecen más rápido fuera de Australia que en el país mismo, ya que los insectos defoliadores que evolucionaron junto con el género en Australia no fueron introducidos junto con la especie. Jacobs aconsejó a los forestales en el exterior prestar tanta atención a la variedad como a la especie misma introducida de Australia. Es probable que se compensen los gastos en selección de la variedad y recolección de semillas de árboles seleccionados (identificados mediante ensayos como de un genotipo superior). Indicó, además, que el crecimiento más rápido de los árboles en el exterior quizás vaya acompañado por una madera de inferior calidad, debido a que todavía no ha disminuido el estrés del crecimiento; para ello se recomiendan rotaciones más largas.

Según Baker (1970a), la mejor razón para cultivar plantas comerciales fuera de su hábitat nativo es el hecho de que se las separa de las enfermedades y pestes que se han desarrollado junto con ellas. Un análisis de las enfermedades de *Pinus caribaea* en su hábitat nativo, entre 300 y 900 m de altura en Belice, indica que los factores geográficos que limitan la distribución de las enfermedades minimizan cualquier amenaza a este árbol como especie exótica (Etheridge 1968). Entre las enfermedades mencionadas se hallan el muérdago enano, muérdago verdadero, necrosis de las agujas y muerte regresiva.

Selección de especies

Champion y Brasnett (1957) afirman que en la selección de especies para un sitio dado, o en la selección de sitios y especies para producir un tipo especial de madera, es necesario saber algo sobre el clima y asociación de

plantas en el sitio original, para poder buscar sitios similares. Si parece apropiado ensayar con especies exóticas, se debe considerar primero la introducción de especies de climas parecidos.

La introducción de *P. caribaea* en Misiones, Argentina mostró cómo al llevar a una especie tan lejos de su hábitat natural puede afectar su productividad (Larguía 1967). A los seis años, sólo el 4% de los árboles tenían una forma suficientemente buena como para producir madera en el futuro; muchos eran demasiado torcidos aún para pulpa. Otros defectos incluían la cola de zorro (que favorece las quebraduras durante las tormentas) y grano en espiral.

Cuando se introduce una especie lejana en un clima similar al de origen, puede pasar un largo tiempo antes que lleguen las plagas y las enfermedades que siguen a las especies introducidas. Por ejemplo, *P. radiata* de California se plantó en Australia alrededor de 1877 (Thomas 1957), y cinco años después se detectó muerte regresiva pero no causó mayores inquietudes durante más de 30 años, cuando se suspendió el establecimiento durante 3 o 4 años. Luego se reinició hasta 1957, año en que había 38 000 ha plantadas. Se detectó y corrigió una deficiencia de zinc (Zn) en 1940. También se descubrió la marchitez parda (browntop), que se redujo añadiendo N y superfosfato. De manera similar, los eucaliptos traídos al Brasil desde Australia a principios de este siglo, aunque no enteramente libres de enfermedades, todavía no han sufrido la plaga de insectos defoliadores comunes en su ambiente nativo. Y aún si ocurriera, como es bien posible, pocos se lamentarían por los buenos rendimientos logrados en plantaciones durante años. Además, la inversión ya hecha debería ser suficiente como para apoyar las investigaciones necesarias para resolver el problema o desarrollar otras alternativas.

La ecología misma de las especies exóticas parece impulsar el interés en que se ensayen. Los factores que limitan su distribución natural no son puramente un reflejo de la adaptabilidad de la especie al clima y al suelo. Los factores responsables de la distribución natural de una especie (Good 1953) generalmente incluyen: 1) lugar y tiempo de origen, 2) distribución de límites climáticos, 3) distribución de límites edáficos, 4) potencial de dispersión, 5) configuración del terreno y del mar, 6) influencias ejercidas por otras plantas (competencia directa y efectos indirectos). Si la

influencia de cualquiera de estos factores es muy adversa, es posible que la especie no esté presente en una zona, donde podría ser introducida con éxito.

En las plantaciones exóticas de Nueva Zelandia, el rendimiento máximo no se obtiene necesariamente bajo condiciones idénticas al hábitat natural de las especies (Jackson 1965). Se debe hacer una distinción clara entre los límites ecológicos y fisiológicos de la productividad. La importancia de esta distinción aumenta a medida que el manejo se intensifica.

Cuando se desea comparar la susceptibilidad de especies nativas y exóticas a las enfermedades, estas se deben plantar con espaciamientos similares (Harper 1977). No es válido comparar la incidencia de una enfermedad en plantaciones puras de especies exóticas, con la de bosques de especies nativas, regeneradas en forma natural, en espaciamientos amplios y tamaño irregular. Las especies nativas, cuando se plantan al mismo tiempo y con el mismo espaciamiento, quizás desarrollen algunos de los mismos problemas que sufrieron las especies exóticas.

Características por considerar. Los factores significativos que se deben considerar al seleccionar especies, según Fenton *et al.* (1977) y Webb *et al.* (1984), son los siguientes:

- Nomenclatura—Nombre científico; familia botánica; variedad, raza o procedencia; nombres locales y comerciales; otros nombres científicos en uso.
- Distribución natural—Unidades geográficas, rango latitudinal y altitudinal.
- Donde está en uso—Bosques naturales manejados versus plantaciones
 - Tolerancia al sitio: precipitación anual, período de lluvias, duración de la estación seca, temperatura promedio, temperatura promedio durante el mes más caluroso, temperatura promedio durante el más frío, requisitos de iluminación, textura del suelo, reacción, drenaje, salinidad.
 - El árbol: tamaño, descripción, forma, utilidad de la madera, utilidad de otros productos, usos no maderables, valor como especie protectora, valor ornamental.
 - La madera: densidad, durabilidad natural, preservación, facilidad de aserrío, secado y otras

Cuadro 5-12.—Producción de madera y propiedades requeridas por uso final

Uso Final	Requisitos de producción	Propiedades requeridas
Leña	Crecimiento rápido, culminación temprana, manejo fácil y económico, rebrota	Seca con rapidez, contenido bajo de cenizas, quema con facilidad sin olor
Pulpa	Lo mismo que el anterior; pero con fustes derechos	Largo de la fibra, color claro, bajo extractos, calidad buena para papel
Productos sólidos	Diámetro grande, crecimiento de moderado a rápido, buena forma, fácil de podar, libre de podrición fungosa	Resistencia, estabilidad, uniformidad, buena trabajabilidad y acabado
Productos laminados	De diámetro muy grande, buena poda natural, oclusión rápida	Buena figura y calidad del pelado o rebanado, buenas propiedades de ligamiento

Fuente: Evans 1992.

características.

— Regeneración: regeneración natural, fuentes de semillas, fenología reproductiva, peso de la semilla, almacenamiento de la semilla, tratamiento pregerminativo, tasa de germinación, porcentaje de germinación, siembra directa, capacidad de rebrote, mejoramiento en curso, existencias de material para plantar, espaciamiento, requisitos de iluminación, requisitos de agua, tolerancia a la sombra, necesidad de poda de raíces, tamaño para llevar al campo, tiempo de producción, envases, otras necesidades en vivero.

- Manejo de la plantación desyerbado, podado, raleado.
- Rendimientos Incremento medio anual por edad.

En el Apéndice F se presenta información sobre estas categorías para muchas especies promisorias.

En su tratado clásico sobre selección de especies forestales, Champion y Brasnett (1958) se centran en los siguientes factores: requerimientos de agua, temperatura, topografía e iluminación; susceptibilidad al daño por agentes físicos y otros factores bióticos, y distribución conocida fuera de su hábitat natural. Otros estudios (Barnes y Mullin 1976, Jacobs 1981, Moni 1965) incluyen características adicionales: que las semillas no tengan que recibir tratamiento pregerminativo, capacidad de regeneración natural, capacidad de colonizar suelos desnudos, un sistema radicular

vigoroso, resistencia a la sequía y al daño producido por los vientos, capacidad de crecimiento rápido, desempeño como árbol de plantación, de corta rotación, durabilidad y versatilidad de la madera. Para plantar bajo dosel, Wood (1974) enfatizó la necesidad de emplear especies de crecimiento rápido inicial y que cierren el dosel rápidamente, como lo hacen los géneros *Cedrela*, *Gmelina* y *Terminalia* en África. Evans (1992) proporciona una lista de características útiles para clasificar especies de árboles según el uso final (Cuadro 5-12).

Una distribución natural amplia indica que la especie es muy adaptable (Sahni 1965). *Eucalyptus camaldulensis* es un buen ejemplo, porque se lo encuentra en casi todos los estados de Australia. Una excepción notable es *P. radiata*, natural de una pequeña zona en el oeste de Norteamérica, y que sin embargo se ha adaptado en un área mucho más grande en el hemisferio sur.

El éxito sobresaliente del eucalipto en plantaciones se atribuye a una cantidad de características excepcionales de este género y al hecho de que existen 700 especies y variedades (Cromer 1956). Estas especies están adaptadas a una gran variedad de climas y suelos, desde los 10° a los 43° de latitud, y desde el nivel del mar hasta los 2100 m de altitud. La mayoría toleran el fuego, se regeneran fácilmente a partir de semillas o retoños y se autopodan con facilidad. La madera de este género tiene una amplia gama de propiedades: produce leña de excelente calidad, sus rendimientos son muy altos, prospera en sitios con sequías periódicas (Pryor 1968), crece bien fuera de su lugar de origen, es muy

productivo en rotaciones cortas, el espaciamiento estrecho no detiene su crecimiento, reacciona al fertilizante mejor que las coníferas y el gran número de especies y procedencias promete grandes ganancias genéticas mediante la selección y la hibridación. Una desventaja significativa es la alta densidad de la madera de la mayoría de las especies, lo que hace que su aserrado y secado sea difícil.

Los atributos de *P. caribaea* (Lamb 1973) que hacen que sea una especie favorable para plantación incluyen la facilidad de recolectar semillas, duración de las semillas en almacenaje, facilidad de germinación, crecimiento inicial rápido, adaptabilidad a sitios degradados y a suelos superficiales, ramas finas, resistencia al viento, relativamente libre de enfermedades, amplia variación natural que permite la selección genética, facilidad de hibridación, calidad de la pulpa y calidad de la resina. Entre las desventajas se incluyen, producción baja de semillas cuando los inviernos son húmedos, no tolera las heladas, necesita ser plantada en un envase, poco competitivo con las trepadoras, presencia de madera de compresión en árboles jóvenes torcidos y debilidad del duramen en los árboles que han crecido muy rápido.

La cola de zorro en los pinos (hipertrofia terminal) es un indicador de su adaptabilidad y productividad (Kozlowski y Greathouse 1970, Lanner 1966). La cola de zorro se da en pinos que no paran de crecer, no tienen anillos ni producen brotes laterales hasta que se ha formado un tronco largo; la falta de humedad reduce el crecimiento hasta que el fenómeno acaba (Fig. 5-5). Se han registrado 12 especies que presentan este tipo de crecimiento, entre ellas, *P. caribaea*, *P. kesiya*, *P. merkusii*, *P. oocarpa* y *P. tropicalis*. En Belice, de donde *P. caribaea* es nativo, la cola de zorro ocurre en 1 a 2% de los árboles, y tiende a aumentar con la altitud y la fertilidad (Abell 1969). Según Kozlowski y Greathouse (1970), esta tendencia es fuertemente hereditaria, aunque también existe una pronunciada influencia climática. En el clima siempre húmedo de Misiones, Argentina, el 80% de los pinos presentan este crecimiento (Lanner 1972), en tanto que en Australia se ha reducido con una selección estratégica de fenotipos y progenies.

Otros géneros coníferos apropiados para los trópicos se presentan en el Apéndice G (Weck 1963).

Las especies fijadoras de nitrógeno parecen tener un comportamiento mejor en suelos pobres. Por ejemplo, una plantación de 13 años de *Casuarina equisetifolia* en



Fig. 5-5. — La cola de zorro, aunque es característica de árboles vigorosos de crecimiento rápido, generalmente se la percibe como un crecimiento anormal y los árboles son eliminados en los primeros raleos.

las dunas arenosas de las Islas de Cabo Verde (Dommergues 1963) produjo 58 kg/ha de N por año. Una plantación de *P. radiata* en Australia presentó la misma acumulación, la cual es de dos a tres veces mayor de lo que se esperaba para una especie no fijadora de N (Richards 1964). Para producir una cantidad tal de nitrógeno, se necesita un mayor estímulo a otros agentes conocidos como fijadores de N; sea cual fuera el proceso, esta característica hace que los pinos sean aún más deseables que otras especies en las zonas tropicales.

Golfari (1961, 1968a, 1981) ha descubierto que los detalles del clima son muy significativos en la determinación de la adaptabilidad de las especies coníferas en Sudamérica. Además de la temperatura media, se deben considerar los promedios mensuales, las temperaturas máximas y mínimas, la distribución de la precipitación, la humedad relativa y la iluminación. Asimismo, la textura del suelo, pH, porosidad y profundidad de la capa freática afectan la idoneidad de las especies. Golfari clasifica a las especies con base en su adaptabilidad a la precipitación del invierno y del

verano, déficit de humedad, diferencia de temperatura entre el invierno y el verano, eficiencia termal (*P. patula*, fría; *P. caribaea*, caliente) y temperatura mínima limitante (grado de resistencia a las heladas). Usa la supervivencia y la tasa de crecimiento en altura como medidas de adaptabilidad.

Golfari (1963) llegó a la conclusión de que todas las coníferas pertenecen a uno de tres grupos principales según su adaptabilidad a la distribución de la precipitación; así están las especies que requieren: 1) humedad principalmente en el invierno y son capaces de soportar sequía durante el verano, 2) humedad uniformemente distribuida a través del año, 3) humedad en el verano y capaces de soportar inviernos secos. Ya desde hace 30 años se reconocían estos tres patrones de precipitación como significativos para la vegetación (Troup 1932).

Golfari (1978a) y Golfari *et al.* (1978) afinaron las guías para la selección de los árboles a partir del comportamiento de distintas especies ya establecidas en una gran variedad de sitios. Sus conclusiones, que se dan a continuación, deberían ser de aplicación universal:

- El crecimiento inicial en altura es un buen índice de la adaptación de la especie a un sitio.
- El crecimiento uniforme de árboles individuales denota la existencia de condiciones favorables.
- La autopoda es señal de que el sitio es favorable.
- La susceptibilidad a insectos y enfermedades es mínima en sitios donde los árboles están bien adaptados.
- El déficit del agua (derivado según Thornthwaite y Hare 1955) es de gran importancia en la identificación de homoclimas.

La significancia de la precipitación en invierno y verano para la adaptabilidad de las especies es similar para los *Eucalyptus* (Pryor 1972b). Las pruebas con *Eucalyptus* en sitios diferentes a su distribución natural muestran que las especies provenientes de zonas donde la precipitación ocurre en el invierno, fracasan en zonas donde la precipitación ocurre en el verano, pero no a la inversa. Las especies del grupo de monocaliptos (un subgrupo taxonómico que incluye a los eucaliptos de

corteza desprendible en tiras, los fresnos y los mentolados), el cual incluye las principales especies de eucalipto de Australia, son menos capaces de adaptarse en otras partes que los demás. Las especies que sufren una limitación natural por el fuego se pueden extender a zonas adyacentes a su extensión natural, si se protegen contra incendios.

La productividad por unidad de área se relaciona con la forma de la copa (Ashton 1978a). Las copas de varios niveles con un solo tronco central producen más por unidad de área que las copas amplias, hemisféricas, de muchos tallos y de un sólo nivel. Este descubrimiento confirma la aseveración de Dawkins (1964a) sobre la ventaja que reporta para el crecimiento de los árboles una razón diámetro de copa/dap pequeña. Esta ventaja (que según Ashton y Dawkins es afectada por la edad del árbol) también es diferente entre especies. Dawkins (1964a) indica que todas las coníferas y los eucaliptos de alto rendimiento tienen copas pequeñas, con razones diámetro de copa/ dap de menos de 15; en el caso de *E. saligna* es menos de 10.

La preferencia por algunas especies puede deberse a características que no tienen ningún significado silvicultural. En los estados brasileños de Sao Paulo a Rio Grande do Sul, las plantaciones más recientes son coníferas, mientras que en Minas Gerais y Espírito Santo se usan principalmente eucaliptos (Golfari 1970). El estado de Sao Paulo ha sido el más densamente plantado con eucaliptos en el pasado, pero se ha descubierto que la madera es de calidad inferior a los pinos para la producción de papel debido a que es oscura y necesita más blanqueado. Además, los aserraderos en Brasil no aceptan mucha madera de *Eucalyptus*. Se espera un cambio en esta tendencia, tal como ha ocurrido en Australia (Golfari 1975b).

Actualmente, los eucaliptos y pinos son las especies más comúnmente usadas en las plantaciones de madera tropical (Evans 1992); estas dos especies juntas abarcan el 72 % de toda el área plantada (Cuadro 5-13).

Análisis del sitio antes de plantar. Numerosos ejemplos de plantaciones altamente productivas de especies madereras, nativas o exóticas, han dado resultado debido a la "suerte" (eufemismo a veces usado para caros procesos de ensayo y error), o menos comúnmente al trabajo cuidadoso de selección de especies de acuerdo con las condiciones del sitio. Generalmente, se requiere un período de pruebas extensas y prolongadas

Cuadro 5-13.—Composición de especies en plantaciones de madera tropicales

Grupo de especies	Porcentaje del área de la plantación
<i>Eucalyptus</i> spp.	38
<i>Pinus</i> spp.	34
<i>Tectona grandis</i>	14
Otras especies no coníferas	11
Otras especies coníferas	3
Total	100

Fuente: Evans 1992.

que involucran no sólo a las especies, sino también sus variedades y procedencias (fuentes de semillas) (Baur 1964a).

Aún dentro de los límites de áreas individuales de plantación, los sitios pueden variar tanto como para necesitar una variedad específica de la especie. Aún dentro de géneros grandes tales como el *Eucalyptus*, una selección cuidadosa de especies y procedencias es de naturaleza crítica. Las selecciones generalmente se basan en la distribución natural y en los correspondientes límites climáticos, o en una adaptabilidad comprobada a ambientes alterados (Cromer 1956).

Entre los resultados de ensayos de especies en gran escala se destacan las experiencias en Puerto Rico

(Wadsworth y Schubert 1977). De más de 400 especies de árboles introducidas desde 1922, sólo 25 están en uso o son promisorias para la producción de madera. Entre 1924 y 1946, se plantaron 9000 ha de terrenos forestales públicos con 131 especies de árboles, pero al final del período las plantaciones sólo tenían una densidad del 60%, incluyendo la regeneración natural aceptable. De las especies prometedoras, 17 fueron introducidas (Marrero 1948, 1950). Estos resultados indican una necesidad urgente de reconocer la naturaleza degradada de muchos de los sitios plantados, un factor que quizás esté por encima de la armonía con el clima en la selección de especies (Marrero 1950a).

Las zonas de vida según Holdridge (1967) se pueden usar para aproximaciones iniciales entre homoclimas y especies nativas pertenecientes. Un estudio que abarca el centro y norte de Sudamérica (Falla 1968), agrupó a las especies por tolerancias climáticas principales (Cuadro 5-14). Es evidente, sin embargo, que algunas especies que aparecen en el mismo grupo, no tienen una asociación natural. Esta discrepancia puede deberse a que sólo se considera la precipitación total anual y no la precipitación de la estación de lluvias.

Los sitios en que los árboles crecen más rápido quizás puedan o no ser los más productivos en términos de calidad. Un análisis de la productividad de *P. caribaea* en Queensland, Australia (Smith, W.J., 1973) indica que el crecimiento rápido estaba acompañado por una reducción en la densidad (Cuadro 5-15), una propiedad que podría ser significativa para los productos de madera sólida o láminas. Para la producción de celulosa, la

Cuadro 5-14.—Adaptación de especies de árboles tropicales por zona de vida en la región central y norte de Sudamérica

Especie	Región montana baja			Región Montaña		
	Seca	Húmeda	Muy Húmeda	Húmeda	Muy Húmeda	Pluvial
<i>Acacia decurrens</i>		x	x			
<i>Cupressus lusitanica</i>		x	x	x	x	
<i>Eucalyptus globulus</i>	x					
<i>Pinus caribaea</i>		x				
<i>P. elliotii</i>		x				
<i>P. patula</i>	x	x	x			x
<i>P. radiata</i>	x			x	x	
<i>P. taeda</i>		x	x	x	x	

Fuente: Falla 1968.

Cuadro 5–15.—Efectos del sitio en la productividad de *Pinus caribaea* en Queensland, Australia

Índice del sitio ^a (m)	Volumen comercial (m ³ /ha)	Peso seco (t/ha)	Densidad básica de la madera (g/cm ³)
21–25	200	95	.473
26–30	258	121	.470
31–35	290	132	.454

Fuente: Smith, W.J. 1973.

^aAltura a los 18.5 años.

única desventaja sería que el tamaño de la madera es un poco mayor. Además, un mayor peso total seco en los sitios mejores podría compensar esta desventaja cuando el producto final es la fibra.

El carácter estacional de la precipitación es un criterio esencial en la selección de árboles para plantación en Sudamérica. En Venezuela, Veillon (1960), después de determinar la elevación de los homoclimas para los pinos, usó los patrones de precipitación mensual para determinar el emparejamiento final de especie/sitio. Golfari ha usado esta guía extensamente en la selección de especies y sitios en la provincia de Misiones en Argentina, en Brasil y en la América tropical en general (Golfari 1961, 1963, 1965, 1967, 1975c, Golfari y Barrett 1967).

Los estudios de Golfari probablemente han sido de mucho valor en la selección de especies a nivel local en el neotrópico. Con el cálculo del balance hídrico de Thornthwaite (Thornthwaite y Mather 1957), los pinos podrían ser elegidos para la región subtropical de Puerto Piray, Argentina (Golfari y Barrett 1967). Predicciones similares, usando mapas de especies por sitios, se completaron para muchos estados del Brasil (Golfari 1967). Para *P. elliottii*, Golfari (1968–69) midió 186 plantaciones para diseñar curvas del índice de los sitios, con base en la altura promedio del rodal a los 25 años de edad; se midieron variaciones de 11 a 27 m. Su técnica de balance hídrico se extendió a los eucaliptos y a las coníferas, y se usó en los estados de Bahía, Espírito Santo, Goias, Matto Grosso, Minas Gerais, Paraná, Río Grande do Sul, y Santa Catarina (Golfari 1975c, 1978a, 1978b).

La relación especie/sitio ha mejorado en forma pronunciada en los últimos años, gracias a la expansión de la literatura al respecto. Sin embargo, todavía se

justifica visitar las zonas originarias para observar a las especies en su ambiente nativo y obtener detalles no publicados sobre ellas. La visita de Navarro de Andrade (1939) a Australia resultó en un programa de plantación de árboles espectacular en Brasil. Los estudios de Loock (1950) sobre los pinos mexicanos y centroamericanos, y sus recolección de semillas para Sudáfrica contribuyeron enormemente al éxito de estas especies en África. Los viajes de Golfari (1961) a las plantaciones de pinos en el sur de EE.UU. (en busca de procedencias homoclimáticas de *P. elliottii* y *P. taeda* para Celulosa de Argentina), y a Australia y Timor (para Aracruz, Brasil) constituyen otros ejemplos sobre el valor de las observaciones personales.

La experiencia en Puerto Rico ha demostrado que la selección de especies involucra más que el apareamiento de amplias clases de climas, suelos y productos. El desempeño de una especie forestal, que aparentemente califica en todos estos campos, varía enormemente con la topografía y particularmente con el grado de degradación del suelo (Marrero 1950a). Ciertas especies crecen mejor en una topografía convexa (bien drenada) y otras en una topografía cóncava (que retiene la humedad). A medida que la plantación progresa, estas diferencias han de influenciar la selección de especies o procedencias.

La vegetación actual podría ser una clave para la selección de especies. Lamb (1968c), después de efectuar viajes a través de América, llegó a la conclusión de que los pinos son una buena propuesta a ensayar en las praderas extensas del Amazonas, Guayana, Surinam, Centroamérica, Cuba y Bahamas. Parece que las experiencias subsiguientes apoyan su conclusión. Baur (1964a) también reconoció que en la periferia de bosques pluviales degradados, los efectos de los incendios pueden hacer que el sitio sólo sea productivo para *Eucalyptus* o *Pinus*.

Una vez que las plantaciones con la misma especie alcanzan una edad avanzada, se deben desarrollar curvas de índice de sitio para clasificar a los sitios según el crecimiento de los árboles. Comenzando con las curvas derivadas de las regresiones exponenciales de la altura sobre la edad, el índice de sitio se puede determinar a partir de la edad y altura de una muestra de árboles.

Variación en una misma especie. La variación genética de una especie puede afectar la productividad tanto como la variación entre especies.

Idealmente, el proceso de selección de especies debe comparar todas las variantes de cada especie. Debido a que generalmente todas las variantes no se conocen al principio, las primeras selecciones son tentativas. La manipulación genética podría mejorar las variantes de cualquier especie; este potencial no se debería pasar por alto durante la selección inicial de las especies y, además, debería guiar el proceso después. El uso de semillas a partir de fuentes selectas y mejoradas podría aumentar las tasas de crecimiento tanto como, y aún más, que las técnicas silvícolas (Donald 1979).

Tipos de variaciones morfológicas entre ocho fuentes de teca en Java (Coster y Eidmann 1934), incluyeron diferencias a un año de edad, las cuales varían desde un rápido crecimiento inicial en altura y ramificación hasta casi ninguna diferencia.

Al clasificar las especies de pinos en México, Martínez (1948) concluyó que además de 37 especies, había 21 variedades y 8 formas morfológicamente distintas de las especies típicas. Loock (1950) reconoció 18 variedades y 9 formas. Critchfield y Little (1966) trazaron mapas para 36 especies en México, con referencias a variedades y subespecies adicionales que no se habían registrado adecuadamente como para incluirlas en los mapas.

En la distribución natural de *P. caribaea hondurensis* en Belice, la variación intra-especie es evidente (McWilliams y Richards 1955). No sólo se distinguen dos poblaciones geográficamente distintas, una del litoral y otra de montaña, sino que en las montañas, la forma de los árboles es buena en suelos graníticos, y mala y torcida en las crestas de cuarzo y esquisto. Una comparación de tres procedencias cercanas de *P. caribaea hondurensis* demostró una amplia variación en la resistencia al viento y en la producción de crecimiento cola de zorro; esto ilustra lo importante que

es efectuar comprobaciones y selecciones cuidadosas (Evans 1992).

Los ensayos con distintas procedencias de *P. caribaea* en Monte Dourado, Brasil, no revelaron diferencias significativas a los seis años de edad, en cuanto a altura, diámetro, rectitud, bifurcado, cantidad de ramas, ángulo de las ramas, densidad de la madera, volumen del crecimiento y producción de conos (Woessner 1981a). De 16 procedencias, las cuatro mejores produjeron un 26% más biomasa que las peores. La selección de una fuente de semillas de Guanaja Istaul, Honduras, en vez de Potpun, Guatemala, garantizó un aumento en el rendimiento de 42 t/ha (Woessner 1981a); además, se redujo el crecimiento cola de zorro. Aunque este tipo de crecimiento se acentúa con una precipitación uniforme, es fuertemente inherente, pero puede ser controlado con una selección adecuada (Kozlowski y Greathouse 1970). En el caso de *Gmelina*, sería posible obtener una mejora en la rectitud del tronco y una mayor densidad de la madera mediante la selección de procedencias.

La necesidad de obtener semillas de fuentes reconocidas es ampliamente aceptada. Los ensayos de *P. kesiya*, *P. merkusii*, y *P. oocarpa* establecidos en Sudáfrica con semilla no seleccionada presentaron formas muy variables y generalmente pobres (Marsh 1972).

La selección de los plantones más grandes de una sola fuente de *P. elliottii* en un vivero del Brasil tuvo un efecto significativo en la productividad (Shimizu *et al.* 1977b). Con la selección de un plantón de nueve meses, entre los 3500 del vivero, se obtuvo un grupo de plantones que mantuvieron la superioridad en altura, en términos absolutos, durante tres años.

La variación de *P. oocarpa* permitió reconocer la variedad *ochoterenai*, la cual se ha ensayado por separado y ha mostrado un crecimiento inicial superior en Argentina (Moflino y Avaretti 1972) y en Costa de Marfil (Goudet 1975).

Se descubrieron variaciones intra-especie significativas en *P. kesiya* y *P. merkusii* en Papúa - Nueva Guinea (Howcraft y Davidson 1973a, 1973b). *Pinus merkusii* de semilla camboyana pasó por un período inicial de dormancia aparente. Los árboles de dos fuentes provenientes de Sumatra mostraron una variación tan grande en altura a los tres años, como para pensar en la necesidad de distinguir entre procedencias. A los 4,2 años, *P. kesiya* proveniente de lo que hoy es Madagascar

había crecido hasta una altura promedio de 7,6 m, en contraste con 5,2 m para los árboles provenientes de semillas de Tailandia y 6,3 m para los provenientes de Filipinas. Las diferencias en crecimiento entre las procedencias de Madagascar y Tailandia fueron altamente significativas.

Se han identificado ocho variedades regionales de *Araucaria cunninghamii* dentro del límite de distribución natural de la especie (Reilly 1974). Difieren significativamente en cuanto a tasa de crecimiento, rectitud del tronco y tendencia a desarrollar líderes múltiples; además, presentan características diferentes en cuanto a ramas, corteza y acículas.

Pryor (1978) indica algunas de las cualidades de los eucaliptos que ofrecen oportunidades para la mejora genética. Existen casi 450 especies distintas y numerosas variedades. Representan más de la mitad de la vegetación arborescente de Australia y, se encuentran también en las islas Célebes, las islas menores del Archipiélago de la Sonda, Mindanao, Papúa - Nueva Guinea y Timor. El género se reproduce principalmente mediante la hibridación cruzada al azar, y depende mucho de la polinización de los insectos.

Se descubrió que las distintas procedencias de *E. camaldulensis*, una de las especies más diseminadas de Australia, eran muy variables en los seis sitios examinados en Nigeria (Jackson 1973). Las procedencias de regiones con lluvias estivales más pronunciadas crecieron mejor durante los primeros cinco años. El promedio de los volúmenes más altos fue el triple del promedio de los volúmenes más bajos.

Los estudios con *Eucalyptus*, efectuados por Golfari (1977) en Brasil demuestran que las distintas procedencias introducidas pueden no sólo parecer, sino también actuar como especies distintas. Cita los estudios de 35 procedencias de *E. camaldulensis*, indicando que para las regiones de los cerrados de Goiás, Mato Grosso y Minas Gerais, las semillas de ciertas zonas del norte de Australia producen árboles superiores a los de otras procedencias. En la región de caatinga del Río Grande del Norte, al contrario, se necesitan procedencias de otras partes de Australia donde se dan severas sequías. Solo una proveniencia —de Atherton, Queensland— produce árboles resistentes al chancro del fuste (*Diaporthe cubensis*). Se descubrió que la progenie de las plantaciones más antiguas del Brasil, que provenían del sur de Sydney (lat. 34°S), no era idónea para las lati-

tudes más tropicales del Brasil. Lamentablemente, las plantaciones antiguas de distintas especies de *Eucalyptus* en Brasil, se colocaron al lado unas de otras, dando raíz a la hibridación y a una progenie difícil de predecir.

En Aracruz, Brasil, las fuentes locales de *E. "alba"* y *E. saligna* fueron susceptibles al cancro (Evans 1992). *Eucalyptus grandis*, que en Australia aparece entre 26°S a 34°S, también fue susceptible a este patógeno. El problema se resolvió usando semillas de *E. grandis* recogidas a una latitud de 17°S en Queensland, una proveniencia que hasta ahora ha sido resistente al cancro.

En Monte Dourado, Pará, Amazonia brasileña, los resultados iniciales de pruebas de procedencias de *E. deglupta* sugirieron una ganancia genética en el crecimiento en altura de al menos un 30% (Woessner 1980a). Se han logrado éxitos al tratar de reducir la susceptibilidad del *Eucalyptus* al cancro más al sur, en Aracruz usando semillas de sitios ambientalmente similares al sitio de plantación (Campinhas e Ikemori 1977).

En 1973, los descubrimientos de Golfari condujeron a un programa ejemplar de ensayo de procedencias: se establecieron parcelas de 36 especies y 406 procedencias geográficas de *Eucalyptus* y 4 especies y 36 procedencias geográficas de *Pinus* en 46 sitios de cinco estados en la región central del Brasil (Golfari 1978b). Se están efectuando pruebas similares en Colombia con 44 procedencias de *E. grandis*, 11 de *E. viminalis*, 25 de *E. saligna* y 43 de *E. globulus*. Cada una de las parcelas está lo suficientemente aislada como para permitir que se recojan las mejores semillas, las que luego se pueden usar como fuentes de semilla mejorada.

Un ejemplo notable de variación intra-específica es *Leucaena leucocephala* (Brewbaker, 1975, Brewbaker et al. 1972, Hutton y Bonner 1960). Los rendimientos en Hawái en cuatro cosechas de dos meses, de cuatro variedades distintas, mostraron las siguientes variaciones por fuente: Hawái, 1,5 kg/ha; Guatemala, 5,5; El Salvador 6,6; y Perú, 12,6. Otra prueba también en Hawái con 90 variedades de la especie mostró una variación pronunciada en cuanto al largo del día, hábito de crecimiento, características de las hojas, largo de la vaina, pubescencia, cantidad de semillas, tamaño final del árbol y contenido de mimosina. La que se convirtió en *Leucaena* Gigante K8 Hawaiana fue una variante arbórea que florece en verano, proveniente de

Zacatecas, México, la cual mostró un vigor vegetativo excepcional y un crecimiento arbóreo agresivo con una mayor cantidad de hojas grandes y pequeñas, flores, vainas y semillas. Un espaciamiento de 1,3 m produjo árboles de esta variedad, con un dap promedio de 24 cm y 17 m de altura, a los seis años de edad.

Se ha producido una forma intermedia de *Swietenia*, aparentemente un cruce entre *S. macrophylla* y *S. mahagoni*, en muchos países tropicales donde estas especies crecen muy cerca la una de la otra. La forma del árbol es intermedia, su crecimiento en sitios secos es aparentemente más rápido que el de *S. mahagoni*, y su tolerancia a la sequía es superior a la de *S. macrophylla* (Geary *et al.* 1972).

Mejoramiento de los árboles. Hasta 1910, la silvicultura se ocupaba principalmente de las técnicas de cultivo y de tratar de favorecer lo que se pensaba eran los mejores fenotipos (Melchior 1969). Desde entonces, la aplicación de la genética —mediante la selección de procedencias, hibridación, mutación y poliploidía— ha resultado en mayores rendimientos de madera de lo que era posible con tratamientos puramente silvícolas. En los trópicos, sin embargo, el desarrollo de genotipos de especies arbóreas idóneas para plantar apenas ha comenzado, a pesar de las perspectivas de mayores ganancias con rendimientos muy superiores a los de los bosques actuales (Namkoong *et al.* 1980). Por ejemplo, la selección en masa de *Eucalyptus* en Brasil ha demostrado que es posible casi duplicar los rendimientos (Venkatesh 1976), con una expectativa de rendimientos de más de 100 m³/ha/año. Se espera una mejora genética de los pinos para lograr una forma recta de los troncos, una menor cantidad de bifurcaciones y mayores crecimientos, tanto en volumen como en valor. Una creciente tolerancia a los sitios pobres y resistencia a las plagas y enfermedades también se puede lograr con el mejoramiento de los árboles.

Burley (1969), Jones (1966), Melchior (1969) y Wright (1976) enumeran las medidas que se deben tomar para poner en marcha un proceso de mejoramiento de árboles, una vez seleccionada la especie:

1. Efectuar ensayos de procedencia.
 - a. A corto plazo: resultados antes del primer raleo, comparaciones en el campo.
 - b. A mediano plazo (a un tercio o a mitad de la rotación): crecimiento inicial, forma y calidad de la madera.
 - c. A largo plazo: (a mitad o más de la rotación), pocas procedencias, fructificación, comparación de rendimientos.

2. Establecer plantaciones.
3. Seleccionar rigurosamente los fenotipos superiores en un ambiente uniforme para que los efectos no genéticos sean mínimos.
4. Identificar áreas para la producción de semillas en los mejores rodales.
5. Establecer huertos semilleros iniciales con los mejores árboles injertados.
6. Ensayar la progenie de árboles para determinar su desempeño y características de calidad de la madera que también poseen los padres.
7. Establecer huertos semilleros progresivos, seleccionados a partir del paso #6.
8. Comenzar el segundo y subsiguientes ciclos de selección y control.

Los ensayos de procedencia se efectúan para identificar lo más rápido y económicamente posible, las procedencias que garanticen bosques bien adaptados y productivos (Burley 1969). La productividad no siempre significa crecimiento rápido, sino más bien, supervivencia, resistencia a factores o plagas ambientales adversos, calidad de la madera o productividad de semillas.

Un segundo objetivo de los ensayos de procedencia es establecer rodales locales para la producción de semillas. Estos son un medio relativamente barato de obtener semillas de origen conocido y de manera casi inmediata (Squillace 1970). Los buenos rodales de árboles se seleccionan y ralean para favorecer a los mejores, aunque también se pueden usar otras prácticas de cultivo para estimular la producción de semillas. Por ejemplo, la aplicación anual del fertilizante NPK a *P. elliottii* aumentó significativamente la cosecha de conos en el sureste de EE.UU. (Shoulders 1968). La selección de árboles para semillas se debe efectuar ponderando numéricamente los rasgos deseables. Una posible ganancia genética depende del grado de variación genética en la población, de la uniformidad de las condiciones ambientales y de la intensidad de la selección.

Zobel (1972) enfatizó la necesidad de ampliar la base genética durante la selección. Indicó que no era posible preservar todos los genotipos naturales; siempre iba a haber algunas pérdidas de potencial genético en ciertas características después de la selección y cultivo. Aún 300 clones distintos quizás no sea suficientes para prevenir el deterioro a largo plazo de la producción de semillas. Sin embargo, Zobel descubrió que una selección cuidadosa de las características que se desea retener, no tendría necesariamente que disminuir la base genética. En efecto, una operación bien planeada puede significar lo contrario, juntando procedencias distantes para establecer nuevas combinaciones. Zobel llegó a la conclusión que no debe buscar clones muy específicos para cada condición, sino más bien grupos amplios de combinaciones superiores y muy adaptables. Su meta era desarrollar clones de crecimiento rápido con requisitos bajos de nutrimentos.

Los huertos semilleros son fundamentales en el avance del mejoramiento genético de árboles y deberían localizarse en buenos sitios, al abrigo de la contaminación del polen (Zobel *et al.* 1958). Para los pinos, una separación de al menos 150 m es deseable. La selección de vástagos para uso en huertos semilleros debe considerar los siguientes factores (Zobel *et al.* 1958):

- Características de madera especialmente idóneas.
- Características morfológicas y fisiológicas deseables desde el punto de vista silvícola.
- Tasas de crecimiento.
- Características deseables genéticamente (y no ambientalmente) controladas.
- Mérito genético comprobado (o al menos con ensayos de progenie en curso).

Heybroek (1978) notó algunas dificultades con los huertos semilleros. Muchas familias de árboles no producen suficientes flores machos o hembras; eso podría reducir la base genética amplia que se desea. Heybroek vio un antagonismo inherente entre la producción de semillas y el crecimiento vegetativo; así, al escoger las condiciones de clima y suelo y las prácticas culturales para el huerto, la producción de semillas en huertos de unos pocos clones debía ser minimizada. Otro peligro es la selección gradual de los

mejores clones a expensas de la diversidad; según él, esto conduciría al establecimiento de grandes extensiones de árboles con una variación genética mínima. Heybroek aporta pocos datos que comprueben grandes diferencias en la producción de clones con mucha variación genética y clones genéticamente uniformes; sin embargo, especula que la mezcla debiera producir más por las variaciones en la resistencia que permitiría afrontar la vicisitudes del clima y otros factores.

El Instituto de Dasonomía Tropical de Puerto Rico recogió dieciocho procedencias de *Swietenia* desde México a Panamá entre 1966 y 1967. Con ellas, se estableció un banco de genes y se han efectuado pruebas de adaptabilidad en Puerto Rico y en las Islas Vírgenes.

El crecimiento espectacular de *Eucalyptus* en Aracruz, Brasil, fue el resultado de cuidadosas pruebas de más de 1000 procedencias de 27 especies (Kalish 1979a). Con base en 12 criterios, incluyendo volumen sin corteza de al menos 1 m³ sólido de siete años, se logró seleccionar 1500 árboles superiores entre 20 millones de los árboles más viejos.

En 1972, había ensayos de procedencias para muchos pinos en distintos países tropicales (Wood 1972). Hasta ahora, se ha determinado que las mejores procedencias son: para *P. oocarpa*, la variedad *ochoteranai* de Honduras; para *P. merkusii*, una variedad isleña y no de tierra firme (*P. merkusiana*) y para *P. kesiya* generalmente las procedencias de Vietnam y no de Filipinas. Los ensayos con teca prometen mejores procedencias, tanto para zonas de altitud como para zonas secas.

En 1974, los ensayos de diez especies principales de árboles se coordinaban a nivel internacional (Wood 1974), y se incluían 30 procedencias de *P. caribaea*, 25 de *P. oocarpa*, 21 de *P. kesiya*, 11 de *P. merkusii* y 10 de *Cedrela odorata*. Otras especies incluidas fueron *E. deglupta*, *E. grandis* y *Tectona grandis*. Las procedencias del *P. caribaea*, recogidas y coordinadas por el Reino Unido en cooperación con la FAO, incluyeron 22 procedencias de América Central, desde Belice a Nicaragua, 7 de Cuba y 1 de la Isla Andros en Bahamas (Kemp 1973a). Poco después, bajo los mismos auspicios se recogieron 25 procedencias de *P. oocarpa* de Belice a Nicaragua. Treinta países tropicales participaron en los siguientes estudios de procedencias (Kemp 1973b).

En los países tropicales es urgente recoger germoplasma antes que sea destruido por la deforestación (Kemp 1978, Wood 1976). Algunas especies valiosas ya son escasas; por ejemplo, quedan pocas fuentes de semilla de *Taiwania* (Hung 1969). Kemp ve el panorama particularmente serio en los bosques pluviales, donde tantas especies han sido afectadas. Las reservas forestales no son una solución satisfactoria tampoco, porque es imposible que contengan todas las variantes. También, según las indicaciones de Kemp, si las reservas tienen usos múltiples, aún con una protección estable no se favorece a todas las especies.

La evaluación de los ensayos internacionales de procedencias de *P. caribaea* y *P. oocarpa* está comenzando a mostrar algunas relaciones constantes (Greaves 1980, 1981b). Los resultados de *P. caribaea* provienen de 205 evaluaciones de 113 ensayos en 26 países, y los de *P. oocarpa*, de 166 evaluaciones de 77 ensayos en 24 países. Al año de establecida la plantación, ya era evidente que existían variaciones en las procedencias de *P. oocarpa*, en cuanto a fuentes de semillas y manejo de la plantación. En *P. caribaea*, las variaciones empezaron a ser evidentes a los 3 o 4 años. Los ensayos demuestran que la variedad más vigorosa de *P. caribaea* es la *hondurensis* y la menos vigorosa, la *bahamensis*; pero *bahamensis* es la mejor y *hondurensis* la peor en cuanto a forma del fuste y de la copa y resistencia a daños producidos por las heladas. Entre las procedencias de *hondurensis*, las de tierras bajas ofrecen fustes y copas de mejor forma, mejor crecimiento y mayor resistencia al viento. Las procedencias de sitios altos y secos del interior florecen más temprano (3,5 años), presentan un menor crecimiento cola de zorro, pero producen brotes sin agujas y muerte regresiva en las tierras bajas de la región ecuatorial. A los cinco años, los árboles más vigorosos y firmes contra el viento provenían de las regiones del litoral sur de Honduras y Nicaragua, pero con una alta incidencia de colas de zorro. Para *P. oocarpa*, las colas de zorro ocurrieron sólo para las procedencias de Mountain Pine Ridge, Belice.

Numerosos ensayos independientes de procedencias se están efectuando en distintos países tropicales. En 1968, un ensayo de 12 procedencias de *A. angustifolia* se efectuó en Brasil (Baldanzi y Araujo 1971). Al tercer año, comenzaron a manifestarse distintos crecimientos en altura. De 1972 a 1976 se llevó a cabo en Nicaragua, un ensayo con 134 especies y procedencias de árboles

forestales (Evans 1977). Los resultados iniciales sugieren que varias especies podrían adaptarse a distintas regiones con distintos propósitos.

El proceso de hibridación de genotipos seleccionados es muy prometedor. Los rendimientos excepcionalmente altos de *Eucalyptus* en Aracruz, Brasil provienen en parte de la hibridación de *E. grandis* y *E. urophylla* (Kalish 1979a), un híbrido que ahora se usa en Jari también.

Árboles genéticamente mejorados realzan el atractivo de un manejo intensivo. Pero los árboles con gran potencial de crecimiento quizás sean más exigentes en cuanto al sitio al cual se pueden adaptar, que los rodales nativos menos productivos (Wollum y Davey 1975). Por consiguiente, estos avances en los rendimientos podrían aumentar el desgaste de los recursos alimenticios en los sitios y posiblemente afecten las cosechas siguientes.

Pitcher (1976) propuso un programa bien planeado para la mejora de árboles en la Amazonia. Inicialmente requería ensayos de eliminación para encontrar las mejores especies, luego ensayos de comportamiento de esas especies y por último, una nueva eliminación de las especies y procedencias más pobres. Con este programa de mejoramiento se buscaba: 1) aumentar las tasas de crecimiento, 2) mejorar la forma y la calidad y 3) determinar la capacidad de heredar las características de valor económico o útiles para mejoras genéticas en el futuro.

Pitcher favorecía la selección de árboles plus (fenotipo superior por alguna cualidad) para las pocas especies que se habían plantado en la Amazonia en extensiones de más de 50 ha, pero se manifestó en contra de cualquier intento de hacer tales selecciones en bosques nativos. Uno de sus puntos más persuasivos fue que las condiciones de crecimiento en los bosques naturales eran muy variables, creando confusión cuando se intentaba atribuir la superioridad del árbol a características genéticas. Previo que las mayores ganancias genéticas se darían en viveros, a partir de una selección masiva con intensidades de 1/1000 hasta 1/10 000. Recomendó además que las mejoras de los árboles se concentraran en unas pocas especies, como: *Carapa guianensis*, *Eucalyptus* spp., *G. arborea*, *P. caribaea*, *Platonia insignis*, *Schefflera morototoni*, *Schizolobium amazonicum*, *Terminalia ivorensis*, y *V. surinamensis*.

Ensayos con familias de *P. taeda* de polinización abierta demostraron la superioridad en volumen de árboles seleccionados a los 20 años, con selecciones previas a los 5, 10 y 15 años (Lambeth *et al.* 1983). Una selección con base en la altura, arrojó una superioridad en volumen del 15 al 18% en el mejor tercio de los árboles; para los tres mejores árboles la superioridad en volumen fue de 58 a 64%. La selección con base en el volumen, en vez de la altura, arrojó una superioridad en volumen de 16 a 19% para el mejor tercio de los árboles y de 54 a 102% para los mejores tres árboles. Las selecciones a los cinco años de edad generalmente fueron tan efectivas como las que se efectuaron a los 15 años.

Un trabajo definitivo sobre mejoramiento de árboles es el de Zobel y Talbert (1984), aunque es de alcance mundial trata a los trópicos en forma detallada. Esta es una obra de referencia extremadamente útil para la selección de especies o procedencias y para el desarrollo de variedades mejoradas. Los conceptos desarrollados incluyen ventajas y limitaciones del mejoramiento de árboles, donde y cuando intentar una mejora y puntos esenciales en un programa de mejoramiento. Los capítulos tratan sobre procedencias, fuentes de semillas y especies exóticas; selección en rodales naturales y en plantaciones sin mejorar; selección y manejo para inducir resistencia a las enfermedades, insectos y condiciones ambientales adversas; propagación vegetativa; calidad de la madera y aspectos económicos del mejoramiento de árboles.

Progresos de las plantaciones

Informaciones de todo el mundo tropical que abarcan la historia inicial y reciente de las plantaciones forestales se presentan en el Apéndice H. Esta relación no es completa pero presenta los desarrollos significativos, primero del hemisferio oriental, donde se empezaron los primeros empeños y termina con la América tropical.

Los informes generales proporcionan algunas evidencias de las tasas relativas de plantación de árboles en distintas zonas tropicales (Anón. 1965c, 1968c, 1993b). Las que se clasificaron en 1964 como plantaciones de rápido crecimiento cubrieron 700 000 ha en Brasil y 750 000 ha entre Argentina, Chile y Uruguay; en África, 710 000 ha y 1 650 000 en el Asia y el Pacífico. Del total tropical, 25% de las plantaciones eran de especies coníferas, principalmente *A. angustifolia*, *P. patula* y *P.*

radiata. Entre las especies latifoliadas, *Eucalyptus* abarcó 1,3 millones ha y *Tectona grandis*, 1 millón ha. Las tasas de establecimiento de plantaciones de crecimiento rápido en 1965 se estimaron en 150 000 ha/año en Latinoamérica, 120 000 ha/año en el Asia y el Pacífico y 50 000 ha/año en África (Anón. 1965f).

Los incentivos para el establecimiento de plantaciones en los trópicos en 1968 incluyeron créditos, exención de impuestos, impuestos reducidos, asistencia técnica, insumos de plantación baratos y la formación de cooperativas. Entre las dificultades se cuentan un apoyo público inadecuado, departamentos forestales débiles, falta de planificación, insuficientes suministros de semillas y un conocimiento inadecuado de las especies y procedencias.

En 1990, 8,6 millones ha en el neotrópico se habían dedicado a plantaciones (Cuadro 5-16); sólo el 0,5% del área total. Casi 373 000 ha se plantan anualmente en América tropical, lo que equivale al 4% del área ya plantada. Estos datos incluyen la replantación, por lo que probablemente menos de la mitad de esta cantidad es el aumento neto de la superficie plantada.

El área de plantación se divide aproximadamente igual entre uso industrial y no industrial (campesinos que plantan árboles para madera, leña, postes y productos no madereros como palmitos y frutos de árboles forestales y la protección del suelo) (Lanly 1981; Cuadro 5-17). Se excluyen el caucho, palma aceitera, coco, árboles frutales y árboles para sombra.

La mayoría de las plantaciones industriales son coníferas, mientras que las plantaciones no industriales consisten principalmente de especies latifoliadas de rápido crecimiento. La razón de plantación en general es un octavo del área deforestada cada año (Anón. 1993b). Las áreas plantadas, conocidas y estimadas, en el neotrópico hasta 1980 se muestran en el Cuadro 5-18. Evans (1986) resume el progreso de las plantaciones forestales entre 1978 y 1985 de la siguiente forma:

- Probablemente más de 1 millón de hectáreas se plantan por año.
- La mayoría de las nuevas plantaciones son para propósitos sociales y ambientales en vez de industriales.

Cuadro 5–16.—Plantaciones forestales en los trópicos en 1990 (en miles ha)

País	Superficie del territorio nacional	Plantaciones existentes	Razón anual de plantación ^a 1980–90
Belice	2,280	3	0.1
Bolivia	108,438	40	1.4
Brasil	845,651	7,000	279.2
Colombia	103,870	180	12.7
Costa Rica	5,106	40	3.7
Cuba	10,982	350	19.3
República Dominicana	4,838	10	0.4
Ecuador	27,684	64	2.1
El Salvador	2,085	6	0.5
Guatemala	10,843	40	2.5
Guyana	19,685	12	1.1
Guayana Francesa	8,815	0	0.0
Haití	2,756	12	1.1
Honduras	11,189	4	0.4
Jamaica	1,083	21	0.8
México	190,869	155	7.5
Nicaragua	11,875	20	1.8
Panamá	7,599	9	0.5
Paraguay	39,730	13	1.0
Perú	128,000	263	12.6
Surinam	15,600	12	0.4
Trinidad/Tobago	513	18	0.2
Venezuela	88,205	362	23.8
Total América	1,650,147	8,636	373.0
África	2,236,063	3,000	129.5
Asia y el Pacífico	892,137	32,153	2,104.1
Gran Total	4,778,347	43,789	2,606.5

Fuente: Anón. 1993a.

^aPlantaciones plantadas por año.

Cuadro 5-17.—Establecimiento de plantaciones en el neotrópico hasta 1985 (en miles ha)

Propósito y especie	Superficie plantada, 1985
Industrial	
Latifoliadas	3,979
Especies de crecimiento rápido ^a	1,393
Otras ^b	183
No industrial	
Latifoliadas	3,314
Especie de crecimiento rápido ^a	2,619
Otras ^b	613
Coníferas	82
Total	7,293

Fuente: Lanly 1981.

^aIncremento medio anual superior a 12 m³/ha/año.^bIncremento medio anual inferior a 12 m³/ha/año.

- Las plantaciones en zonas áridas para forraje, leña y cercas han aumentado considerablemente.
- Se debe promover el establecimiento de nuevas plantaciones, dando énfasis a los objetivos sociales, si se desea evitar las crecientes condiciones desfavorables para la gente pobre rural.

Es claro que la tasa actual de reforestación no ha de compensar por la deforestación (Cuadro 5-19). Una tasa general de plantación de un décimo de la tasa de deforestación, puede ser adecuada para sostener los rendimientos madereros, debido a las tasas de producción más altas de las plantaciones exitosas. Sin embargo, la tasa de plantación es muy inferior al 10% de la tasa de deforestación en casi todos los países, y las plantaciones, generalmente monocultivos de especies exóticas, cualquiera que sea su potencial industrial, no alcanzan a compensar la pérdida de los ecosistemas primarios (Cuadro 5-19).

No obstante, las plantaciones forestales tropicales han aumentado rápidamente desde la década de 1940; más del 60% de las plantaciones se establecieron en la década de 1970 (Brown *et al.* 1986). El total de la biomasa de las plantaciones en aquel tiempo se estimaba entre 650 millones y 2,22 mil millones de

Cuadro 5-18.—Superficie plantada en el neotrópico por especie hasta 1980 (en miles ha)

Especie	Superficie plantada	
	Conocida	Estimada
<i>Eucalyptus saligna</i>	674	702
<i>Pinus elliottii</i>	281	281
<i>P. patula</i>	199	199
<i>E. grandis</i>	189	192
<i>P. caribaea</i>	137	337
<i>E. globulus</i>	118	131
<i>Gmelina arborea</i>	76	86
<i>Cupressus lusitanica</i>	26	48
<i>Casuarina equisetifolia</i>	20	20
Otras	93	775
Total	1,813	2,771

Fuente: Panday 1983.

toneladas y constituían una reducción del carbono atmosférico de entre 30 y 110 millones de t/año, posiblemente adecuadas para equilibrar el carbono liberado por bosques cosechados y otros usos de la tierra en la zona templada (Brown *et al.* 1986).

Cuadro 5-19.—Tasa de plantación con relación en el neotrópico entre 1980-90 (en miles ha)

País	Deforestación anual	Plantación anual de árboles
Bolivia	625	1.4
Brasil	3,680	279.2
Colombia	367	12.7
Costa Rica	50	3.7
Ecuador	238	2.1
Guatemala	81	2.5
Honduras	112	0.4
México	678	7.5
Nicaragua	124	1.8
Paraguay	402	1.0
Perú	271	12.6
Venezuela	599	23.8

Fuente: Anón. 1993c

Capítulo 6. Propagación y Plantación de Árboles

Se ha escrito mucho sobre el tema del manejo de semillas, propagación y prácticas de viveros de árboles tropicales. Las contribuciones más significativas se incluyen en el Apéndice F y en la bibliografía. Estos procesos son dinámicos, y cambian con las nuevas especies, materiales e ideas. Las prácticas entre proyectos o viveros varían enormemente, debido a que los trabajadores de los viveros tienen distintos niveles de ingeniosidad, y más particularmente, debido a la falta de comunicación. Al principio, las plantaciones se establecían con plantones a raíz desnuda, pero la mortalidad excesiva en el campo hizo que se empezaran a usar envases para los eucaliptos y los pinos. Actualmente, debido al alto costo de los envases, se intenta volver al plantado a raíz desnuda, prestando más cuidado a la selección de las condiciones climáticas y a la técnica de plantado.

La intención de este capítulo no es proporcionar una guía completa para la propagación de las especies madereras con potencial para los trópicos. Más bien, refiere al lector a las muchas y excelentes fuentes de información. Luego, bajo cada fase de la operación, se describen los comportamientos típicos o inusitados como indicio de lo que se puede esperar en las condiciones locales (Fig. 6-1).

Planeamiento de una plantación

La mayoría de los países de América tropical tienen interés en plantar bosques, el cual se manifiesta en sus leyes o en su política general. Este interés reconoce los

beneficios que los bosques naturales y las plantaciones ofrecen: conservación del suelo, protección a las cuencas, preservación de la vida silvestre y producción de madera. El primer paso para la creación de estos bosques, la determinación del potencial de recursos, y la decisión de donde, cuando y cómo alcanzar esos potenciales, constituyen la función de la planificación de los recursos nacionales.

El proceso de planificación de los recursos. La planificación depende mucho de los siguientes tipos de información sobre el ambiente físico de una región:

1. Mapas planimétricos del país entero, exactos y al día, a una escala suficientemente grande como para mostrar todas las características naturales con cierto detalle.
2. Mapas topográficos del país a una escala y con curvas de nivel a intervalos adecuados para localizar las cuencas y las clases de niveles que precisan los límites deseables de intensidad de uso de la tierra.
3. Mapas de suelos con detalles adecuados y descripciones para diferenciar, con base en la estabilidad, profundidad y potencial productivo del suelo, las regiones más apropiadas para el cultivo de alimentos, forraje, bosques productivos y bosques protectores del suelo, agua y biodiversidad.
4. Requerimientos futuros de agua, ubicación y extensión de los principales recursos de agua superficial, subterránea y embalses.
5. Ubicación de zonas en riesgo actual y potencial de inundación; daño previsible a sistemas de irrigación, terrenos de cultivos principales, infraestructuras urbanas, comerciales e industriales.
6. Datos de precipitación, incluyendo registros a largo plazo e intensidad de las tormentas.
7. Fotografías aéreas recientes, con traslapo estereoscópico, adecuadas para trazar el mapa de cobertura forestal, y si es posible, de los tipos principales de bosques, tanto comerciales como no comerciales.
8. Tasas actuales y previsibles de extracción de madera a nivel nacional, deforestación y reforestación;



Fig. 6-1. — Reforestación a gran escala con plantaciones industriales; un objetivo a largo plazo en el sur de Brasil.

importaciones y exportaciones de productos forestales y las tendencias del consumo interno.

9. Productividad de las plantaciones forestales existentes con distintas especies de árboles, en una variedad de sitios dentro del país, o bajo condiciones semejantes en otras partes.

En la mayor parte de la región existen suficientes datos sobre estos recursos como para hacer que la planificación pueda hacerse en forma confiable. En algunas zonas, los datos se almacenan en sistemas automatizados de información geográfica (Geographic Information Systems - GIS). Los siguientes pasos deberían conducir a la selección de los terrenos que más necesitan de plantaciones forestales:

- Para mostrar y sintetizar aspectos relevantes de la evaluación y selección del sitio se debe usar mapas con una misma escala.
- Las clases de nivel se deben identificar para delinear tentativamente las zonas que: 1) son apropiadas para la agricultura mecanizada, 2) pueden ser cultivadas de manera continua o periódicamente, 3) requieren una cobertura vegetativa permanente, 4) se pueden dedicar al pastoreo continuo, 5) deben estar protegidas por cobertura boscosa, 6) se puede extraer la madera y 7) no se deben modificar para proteger al suelo, agua o recursos genéticos.
- Se pueden añadir datos más precisos sobre grupos o tipos de suelos, a medida que aparecen nuevos criterios para definir límites seguros de intensidad de uso de la tierra, según clases de nivel. La productividad posible de varias actividades agrícolas y forestales es particularmente importante.
- Las áreas que proporcionan un abastecimiento crítico de agua, y sus cuencas tributarias, se pueden considerar una restricción complementaria para la intensidad de uso de la tierra.
- Estos datos se pueden sintetizar para generar un mapa provisional de suelos forestales de la nación, mostrando todas las zonas que deben ser forestadas, para garantizar los valores que la cobertura forestal ayuda a mantener. Las prioridades del mantenimiento de la cobertura forestal se deben regir por la pendiente, tipo de suelo, disponibilidad de agua o ecosistemas poco usuales.

- Se deben calendarizar los requerimientos de madera para uso nacional (y de ser posible, los de exportación), con suficiente antelación como para permitir una meta de producción realista y una rotación arbórea basada en las tendencias actuales.
- La experiencia generada sobre productividad del bosque y de plantaciones se puede usar para encontrar terrenos capaces de cumplir con las metas de producción.
- Se debe dar prioridad a las propuestas de plantaciones forestales basadas en el potencial productivo y uso actual del terreno (disponibilidad, suficiencia de la cobertura vegetal, potencial de regeneración natural adecuada y facilidad de establecimiento de la plantación).

Un análisis como este, por lo general identifica una mayor cantidad de terrenos deforestados manejables, que la necesaria para cumplir con las metas de producción de madera. Los sitios más productivos se deben seleccionar, con base en un manejo intensivo, tanto de los bosques naturales como de las plantaciones madereras. Se puede permitir que el resto vuelva a reforestarse naturalmente, a excepción de donde hay problemas de cuencas o erosiones severas, que quizás requieran el desarrollo rápido de una cobertura protectora.

La producción maderera puede ser menos competitiva económicamente que la producción intermitente de alimentos y forraje, en parte debido al costo de transportar grandes volúmenes de material voluminoso, como la madera. Este problema, sin embargo, se puede mitigar si se concentra la producción de madera en zonas donde las facilidades de procesamiento existen, o se pueden establecer sin mucho problema. Estudios efectuados en México llevaron a la conclusión que ninguna plantación de madera comercial se debería ubicar a más de 75 km de la planta de procesamiento (González y Navarro 1978a). Bajo estas circunstancias, es posible que una fuente continua de madera, añadida al valor del tratamiento primario y secundario, exceda el valor de los productos agrícolas, particularmente los que son de carácter marginal.

Los mejores sitios para la producción de madera pueden ya estar cubiertos con bosques naturales. Si los inventarios demuestran que estos son adecuados para cosechas futuras, la plantación es innecesaria; de otro

modo, se podría plantar bajo dosel comenzando con los mejores sitios (sitios donde se encuentran los peores rodales, suponiendo que mientras tanto, en los sitios con mejores condiciones la regeneración natural hará el trabajo).

Un problema común es la falta de una distinción clara entre terrenos forestales buenos y terrenos marginales para propósitos agrícolas, particularmente el pastoreo. Siempre que sea posible, se deben hacer distinciones muy claras, y asignar al cultivo forestal los mejores terrenos que claramente no son idóneos para la agricultura. En terrenos marginales, los cultivos forestales podrían, en un momento dado, ser destruidos por cultivos agrícolas, aún eventuales; por lo tanto, su contribución a la demanda nacional de madera es dudosa. En tales zonas, una práctica mixta — producción de alimentos, forraje y cultivos de fibra en combinación armoniosa, simultáneos o sucesivos— quizás sea la más apropiada. La cantidad de madera que estas prácticas puedan suministrar, más allá de las necesidades locales dependerá del número y calidad de los árboles en la mezcla. Con base en estos principios generales, Lupatelli (1978) elaboró ocho clases de capacidad para los suelos de Brasil (Cuadro 6-1).

En el Brasil tropical (excluyendo Paraná, Río Grande do Sul y Santa Catarina), los cultivos ocasionales

constituyen la intensidad de uso máxima aceptable en el 65 % de los suelos (Cuadro 6-2). La producción de árboles es apropiada en el 98 % de los terrenos.

Si se combinan las clases V a VII, el resumen no distingue entre terrenos para forraje y para producción de fibra, lo que podría provocar un conflicto entre los dos usos. Sin embargo, no debe de ser serio porque los requerimientos madereros actuales de Brasil, aparentemente pueden ser satisfechos con plantaciones bien manejadas en menos del 15% de los terrenos en estas tres clases. El hecho de que gran parte de Brasil, incluyendo gran parte de la Cuenca del Amazonas, se clasifica como terrenos apropiados para “el cultivo ocasional”, indica la extensión futura de la agricultura migratoria, o alguna forma de sistema agroforestal que produce árboles en combinación con otros cultivos.

Este proceso de planificación puede parecer irrelevante a un forestal encargado de plantar árboles en laderas deforestadas. Sin embargo, tal encargo a menudo no está basado en una planificación sólida, y por lo tanto puede ser erróneo. Los sitios seleccionados pueden ser demasiado pobres como para producir madera útil, o demasiado inaccesibles para cosecharla; o de repente, después de un tiempo aceptable, el sitio se reforeste de manera natural. Puede también que las especies seleccionadas no son aptas para el sitio, o inapropiadas

Cuadro 6-1.—Capacidad de uso de la tierra en Brasil

Uso sostenible	Clase de uso apropiado*							
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII
Cultivo sin restricción	X							
Cultivo con prácticas de conservación								
Simple	X	X						
Complejo	X	X	X					
Cultivo infrecuente	X	X	X	X				
Forraje sin restricción	X	X	X	X	X			
Forraje con prácticas de conservación								
Moderado	X	X	X	X	X	X		
Complejo	X	X	X	X	X	X	X	
Bosques productivos	X	X	X	X	X	X	X	
Vegetación natural, vida silvestre	X	X	X	X	X	X	X	X

Fuente: Lupatelli 1978.

Nota: Los números romanos corresponden a las clases de uso; si bien hay diferentes definiciones, el número I corresponde a la clase más versátil y el VIII a la menos.

para el mercado eventual. Aún una revisión superficial de los aspectos de la planificación sugiere que se pueden hacer mejoras importantes. La planificación es esencial para el éxito de la plantación.

Establecimiento de plantaciones forestales. Una vez que se ha seleccionado el lugar de plantación, se debe decidir la tasa de plantación. Si el propósito es solamente proteger los recursos del suelo y agua, cuanto más pronto se termine el proyecto tanto mejor. Pero si lo que se busca es alcanzar un rendimiento sostenido de madera, o ensayar algunas técnicas, se puede comenzar plantando pequeños experimentos y gradualmente alcanzar una tasa de 1/n de la superficie por año (siendo ‘n’ el número de años que necesitan los árboles para madurar). El resultado debería ser una secuencia de clases de edades que producirán una cosecha anual sostenible en una fecha posterior.

La superficie del proyecto se debe dividir en compartimentos de corta, generalmente no mayores que la tasa de 1/n del área total, o sea, lo plantado en un año. Para facilitar su identificación, los compartimentos deben tener límites de características estables, como por ejemplo, arroyos, colinas, cambios identificables, caminos permanentes. Puesto que estos límites son irregulares, los compartimentos tendrán distintas superficies, pero este es un inconveniente menor, comparado con la gran ventaja de poder identificar los límites sin necesidad de construir monumentos o efectuar talas en hileras.

Se necesitará una red vial permanente que garantice el acceso a trabajadores y equipos a cada compartimento. Esta red sirve no sólo para el plantado, sino también

para las prácticas de manejo y aprovechamiento. En partes de México, estas redes de caminos son vitales para el control de incendios (González y Navarro 1978a). Quizás se necesite hasta 1 km de caminos por cada 20 ha de bosque (Mathus Morales 1978b). En la planificación de los distintos compartimentos, la accesibilidad puede ser tan significativa como la calidad del sitio.

La capacitación formal de todo el personal involucrado en la plantación es de gran beneficio para las operaciones. Todos los trabajadores deben estar al tanto de la importancia futura, tanto a nivel regional como nacional, de la plantación y sus productos; deben comprender que el éxito depende de su trabajo personal y deben saber las razones por las cuales se efectúa cada operación y la manera correcta e incorrecta de efectuarla. Se deben aceptar y usar medidas y equipos de seguridad. Los trabajadores a todos los niveles deben participar en la planificación y definición de las normas de trabajo y se les debe ofrecer incentivos por un buen desempeño, incluso en materia de seguridad. Estos temas preliminares no son superfluos y son tan críticos para los proyectos pequeños y remotos como para cualquier otro.

Los programas de plantación en los trópicos comúnmente proceden sin haber conocido y analizado otras experiencias. Como resultado, las prácticas varían de lugar a otro, aún dentro de un mismo país, sin razón aparente, aparte de la falta de comunicación. Alguna flexibilidad y variación es indudablemente sana, pero las variaciones por lo general van en detrimento de los menos informados.

Cuadro 6-2.—Extensión de terreno por tipo de uso en el trópico brasileño			
Límite de uso sostenible	Clase de capacidad de uso*	Área de terreno	
		Extensión (miles km²)	Proporción (%)
Cultivos continuos	I-III	640	8
Cultivos ocasionales	IV	4,500	57
Producción de forraje o árboles	VII	2,650	33
Cobertura de vegetación nativa	VIII	130	2
Fuente: Lupatelli 1978.			
* Los números romanos corresponden a las clases de uso; si bien hay diferentes definiciones, el número I corresponde a la clase más versátil y el VIII a la menos.			

Material de plantación

Material silvestre. El uso de material silvestre — plántulas presentes en los bosques— evita el costo de coseguir semillas y propagarlas en vivero, y permite una coordinación precisa entre la obtención del material y la plantación del mismo. Sin embargo, no es una práctica común pues en general no se encuentra una regeneración abundante o accesible de la mayoría de las especies. A medida que la superficie dedicada a plantaciones tropicales se expande, estos problemas podrían disminuir, pero el uso de material silvestre limita las posibilidades de mejorar los árboles mediante la selección genética, de modo que su uso quizás sea adecuado en condiciones especiales solamente.

El uso de material silvestre para plantación ha sido comprobado con muchas especies. En el este de Nigeria, por ejemplo, las plántulas de *Gmelina arborea* se adaptaron bien tanto en vivero como en el campo; en consecuencia, los viveros se cerraron y se ahorró una importante cantidad (Anón. 1958c). La regeneración de *Tabebuia heterophylla*, una especie pionera agresiva, y de *Swietenia macrophylla* se han usado extensamente en Puerto Rico. En las colinas de Malasia, la regeneración de dipterocarpáceas también se ha usado con éxito para plantaciones de enriquecimiento en los bosques (Gill 1970, Tang y Wadley 1976a).

Terminalia myriocarpa se ha propagado con éxito simplemente fomentando la regeneración natural (Das 1937). Se obtuvo un buen cultivo de plántulas talando el bosque alrededor de árboles semilleros y haciendo surcos para recibir las semillas; cuando las plántulas alcanzaron un tamaño aceptable se trasplantaron a claros del bosque. Esta práctica se consideró menos cara que la regeneración artificial convencional. Una profusa regeneración se produjo al aclarar el suelo bajo árboles remanentes de *Cedrelinga catenaeformis* en Perú (Anón. 1985h). El uso de plántulas de un mes de edad de *Avicennia officinalis* en sitios sujetos a mareas del litoral de Paquistán puede ser exitoso si al sacar la plántula no se dañan las raíces (Howlander 1971).

Adquisición de semillas. Los problemas de adquisición de semillas en los trópicos son internacionales; Kamra (1973) hablaba de los problemas en Asia, los cuales parecen ser típicos de la América tropical también. Hay necesidad de grandes cantidades de semillas, de un sistema de información que canalice las solicitudes a las mejores fuentes disponibles, y de prácticas de ensayo y

almacenaje confiables. También se necesitan servicios de certificación de semillas y técnicos capacitados.

Desde hace tiempo se ha reconocido que existen “años semilleros” para los árboles tropicales, pero en la mayoría de los casos este patrón no ha sido bien explicado ni es previsible. Como ya se dijo, la floración y fructificación de muchas especies no se correlacionan bien con el clima. Se ha supuesto que una fructificación poco usual es una reacción a la depredación de las semillas por los animales. El hecho es que para algunas especies se deben acumular las semillas de más de una cosecha durante los años en que las semillas son abundantes para producir un cultivo de plántulas.

La estación de fructificación es más regular que la ocurrencia de años semilleros. La estación es crítica para la colección, porque pocos frutos o semillas son fáciles de recoger o son viables por largo tiempo, después de haber caído. Las coníferas de México ilustran este punto (Hinds y Larsen 1961); allí los pinos están distribuidos a través de 12° de latitud, y sin embargo, la recolección de semillas se puede hacer durante dos meses aproximadamente.

El híbrido Mysore de *Eucalyptus tereticornis* de la India florece dos veces al año, de mayo a junio y de octubre a noviembre (Lohani 1978). *E. grandis* en Uganda (Kingston 1974) florece y fructifica más de una vez al año. Algunos árboles florecían o fructificaban mucho antes que los demás.

Casuarina equisetifolia de Orissa y Bombay, India, florece de febrero a abril y de setiembre a octubre; los frutos maduran entre mayo y junio, y entre noviembre y diciembre (Kesarcodi 1951g, Sharma 1951). En Puerto Rico, esta especie fructifica de enero a abril y de julio a noviembre. La mejor cosecha de conos de *Araucaria hunsteinii* en Papúa - Nueva Guinea ocurre entre fines de setiembre y principios de octubre (Havel 1965). En Yangambe, antiguo Zaire, algunas semillas de *Musanga smithii*, una especie muy parecida a *Cecropia peltata*, siempre están disponibles, pero la caída de semillas ocurre principalmente de julio a setiembre (Kesler 1950).

Estas son unas pocas ilustraciones de la variabilidad de la producción estacional de semillas de lugar en lugar y por especie. Debido a que la variación también ocurre de año en año, los tiempos de cosecha de una región no son indicios confiables para otra. Por lo tanto, se deben

compilar registros fenológicos para cada especie y región.

La necesidad de seleccionar áreas apropiadas para la recolección de semillas se reconoció desde hace tiempo (Kesarcodi 1951b). Desde luego, un requisito previo es elegir una zona donde las semillas sean abundantes. Las semillas de los pinos mexicanos, por ejemplo, son más abundantes en los bosques abiertos talados que en los bosques vírgenes (Hinds y Larsen 1961). Una consideración igualmente importante es la variación en la calidad del árbol de un lugar a otro; aún las variaciones que sólo reflejan los mejores sitios son de interés porque implican potencialidades que no necesariamente se dan en otras partes. Los buenos sitios deben estar casi libres de enfermedades. Además, si el sitio que va a ser plantado es especialmente adverso, lo mejor será recoger semillas de sitios similares, porque es posible que la tolerancia a tales condiciones varíe con la especie.

La selección de árboles madres superiores (árboles semilleros femeninos) se ha recomendado desde hace tiempo, debido a las numerosas características heredadas que afectan la calidad y rendimiento de la progenie (Kesarcodi 1951b, Tang y Wadley 1976a). Por ejemplo, las plántulas de *S. macrophylla* provenientes de semillas de árboles semilleros "plus" eran superiores a las plántulas provenientes de otros árboles, en diámetro, altura y peso seco a los diez 10 meses de edad (Zabala 1978).

En Papúa - Nueva Guinea se han seleccionado rodales de árboles plus para recolectar semillas de teca (*Tectona grandis*), por lo menos hasta que se cuente con huertos semilleros adecuados (White y Cameron 1965). Para que un rodal de teca sea aceptable como plus, debe tener al menos ocho años y un alto porcentaje de árboles vigorosos de buena forma, con un fuste comercial de al menos 12 m. Donde no hay rodales plus disponibles, los rodales mejores que el promedio se han raleado a 200 árboles por hectárea; o como última medida, se ralea un rodal promedio a 400 árboles por hectárea.

En Ghana, las semillas de algunos árboles de *Cedrela odorata* germinaron mucho antes que los lotes semilleros en general (Jones, N., 1968). Por consiguiente, la identificación y selección de tales

árboles madres podría permitir una germinación más rápida y un cultivo de plántones más uniforme.

La selección de árboles madres que producen una gran cantidad de semillas ofrece ventajas múltiples. No solo constituyen una buena fuente de semillas, pero si además, estas son de buena calidad, su progenie también podría ser de buena calidad y prolífica en cuanto a producción de semillas.

El mejoramiento genético de árboles madres no debe iniciarse sino hasta que el árbol alcance la edad mínima en que empieza a producir semillas fértiles. Con las especies de crecimiento rápido, este período es tan corto como 2 a 3 años para *Anthocephalus chinensis*, *Leucaena leucocephala* y *E. deglupta*; de 3 a 4 años para *Ochroma lagopus* (Nair 1953); 5 años para *E. tereticornis* (Lohani 1978) y aún más para *S. macrophylla*.

La determinación del momento preciso de maduración de las semillas es crítico, tanto para los costos de plantación como para la calidad de la semilla. Cuanto más temprano se puedan recoger las semillas, tanto mejor se capitaliza la recolección en masa directamente de los árboles, lo que permite establecer con certidumbre el parentesco y previniendo pérdidas por depredación de la fauna herbívora.

El momento preciso para recoger las semillas depende de las características individuales de cada especie, y por lo tanto se deben determinar a nivel local. Con *Cedrela odorata* en Ghana, las semillas recogidas hasta un mes antes de que se abrieran las cápsulas tenían la mejor tasa de germinación, hasta 78% (Jones, N., 1968). Las semillas de *Cordia alliodora* en Costa Rica demostraron una buena germinación cuando se recogían tres semanas antes de la caída (Tschinkel 1967). En la India, las cápsulas de *O. lagopus* se han recogido apenas empiezan a abrirse (Nair 1953).

En las regiones tropicales, la práctica de recoger semillas de calidad es muy complicada, ya que requiere de equipos especiales para subir a los árboles, la separación de semillas por árbol madre, la observancia de medidas de seguridad y personal capacitado. Se debe tener el cuidado de evitar daños al árbol semillero, o de sacar demasiadas ramitas, que podría afectar la producción futura de semillas.

Tratamiento de las semillas. El proceso del limpiado de las semillas varía con la especie o grupos de especies. El primer paso generalmente es separar las semillas de los frutos, seguido por el secado al aire. Con *Cedrela*, *Pinus* y *Swietenia*, el secado al aire de los conos o frutos libera las semillas sin que se dañen, siempre que no hayan insectos y roedores. Con *Casuarina equisetifolia*, un problema grave es la pérdida de semillas por las hormigas.

Las semillas del bambú, debido al ataque inmediato de las aves, roedores, insectos u hongos en el suelo, se deben sacudir sobre una sábana y tratarlas con pesticidas, antes de secarlas (Hadfield 1958).

La limpieza de semillas muy pequeñas presenta problemas especiales. Las semillas de *Eucalyptus* generalmente se extraen de las cápsulas secas y dejan con fragmentos de las paredes interiores del carpelo. Pequeños lotes de las semillas sedosas de *O. lagopus* se pueden colocar en un tamiz grueso sobre el agua para luego prenderles fuego y liberar las semillas (Holdridge 1940b). Esta práctica podría, a la vez, aumentar la germinación. Las semillas de *Anthocephalus chinensis*, 17 000 por gramo (Pollard 1969), generalmente se recogen en Sabah a medida que caen los frutos, se les deja suavizar y luego se les macera. Para extraer las semillas, los frutos macerados se frotan en un tamiz grueso y se muelen en un mortero, luego las semillas se separan con un tamiz fino y se secan al aire.

La clasificación de semillas en el neotrópico está en su infancia. Naturalmente, se necesitan estándares de pureza y viabilidad; sin embargo, existen otros importantes criterios, como el tamaño. Aunque en la India (Venkataramany 1960a) algunos ensayos no mostraron superioridad para las semillas de las grandes tecas, en México los ensayos con *P. pseudostrobus* var. *oaxacana* han demostrado que el tamaño de la semilla afecta la altura del plantón, el diámetro de los hipocotiledones y el largo de los cotiledones (Caballero Deloya y Toral Chacón 1967). Estas diferencias resultaron ser más pronunciadas después del segundo mes.

La certificación de las semillas por una autoridad calificada es esencial para efectuar plantaciones forestales responsables. Tales certificaciones deben especificar lo siguiente: especie, variedad y procedencia; normas de selección de los árboles; fecha y región específica donde se colectó la semilla;

porcentaje de pureza, contenido de humedad, cantidad de semillas por unidad de peso y registro de germinación más reciente dando la fecha y la técnica usada. También se debe especificar que las semillas están libres de enfermedades e insectos, indicando la fecha y tipo de fumigación aplicada.

Un procedimiento estándar para el ensayo de semillas, usado en Malasia para *P. caribaea*, es de utilidad general (Paul 1972). Se evalúan cinco atributos: 1) proporción de semillas aparentemente llenas (porcentaje de pureza), 2) cantidad de semillas puras por kilogramo (peso de semillas), 3) proporción de semillas que contienen núcleos (porcentaje de semillas llenas), 4) contenido de humedad de las semillas puras, 5) proporción de semillas que germinan. Los ensayos de germinación se pueden hacer sobre papel secante, un género absorbente, o un sustrato de arena de cuarzo pura, con un pH de 6,0 a 7,0 (Paul 1972). El tamaño común de una muestra es de 400 semillas, divididas en 4 submuestras de 100 cada una.

Almacenaje de las semillas. Debido a la variabilidad e incertidumbre de la producción de semillas, se debe mantener un inventario, siempre que sea posible, para el año siguiente; en consecuencia, la viabilidad de las semillas se debe mantener al menos durante ese tiempo. ¿Cómo se puede lograr eso? Los ensayos efectuados en los trópicos confirman los descubrimientos de la zona templada, en cuanto a que el control de la temperatura y humedad son esenciales para prolongar la viabilidad de las semillas de la mayoría de las especies.

Las semillas de algunos árboles tropicales tienen una larga vida bajo almacenaje. Existen registros de semillas de *L. leucocephala* que han germinado después de 99 años, *Albizia lebbek*, después de 30 años, *O. lagopus*, después de 24 años (Dent 1942b). Sin embargo, la mayoría de las semillas (particularmente las de los trópicos húmedos) pueden perder su energía germinativa en unos meses.

Evans (1992) menciona dos aspectos en relación con las temperaturas de almacenamiento de semillas: 1) las temperaturas cercanas al punto de congelación generalmente prolongan la viabilidad, 2) las fluctuaciones de la temperatura son menos favorables que las temperaturas constantes. Además, citando a Turnbull (1972b), afirma que las semillas que se secan naturalmente pueden aguantar temperaturas altas mucho mejor que las semillas con un alto contenido de

humedad. Evans indicó que las semillas de ciertos pinos y eucaliptos, secadas hasta un contenido de humedad del 4 al 8%, mantienen su viabilidad durante muchos años, si se almacenan a temperaturas por debajo del punto de congelación; no obstante, la mayoría de las semillas se almacenan a 2-5°C.

Las semillas de *Anthocephalus chinensis* en Sabah, generalmente mostraron pobre germinación, a menos que se almacenen durante 6 meses (Pollard 1969). Las semillas secas al aire, selladas y almacenadas a 5-10°C, mantuvieron su viabilidad durante dos años, pero no las que no se sellaron.

Las semillas de *Araucaria hunsteinii* perecieron en menos de un mes al aire libre y a la temperatura ambiente (Anón. 1958a, Havel 1965). Pero cuando las semillas se secaron, sellaron y mantuvieron a 3°C, la viabilidad del 50% persistió hasta los 12 meses. Bajo estas mismas condiciones de almacenaje, y usando papel secante para humidificarlas, se obtuvo una germinación del 50%, después de 18 meses. Las semillas de *C. equisetifolia* almacenadas en recipientes abiertos en la India mantuvieron su viabilidad por no más de 12 meses (Sharma 1951).

En Mérida, Venezuela, semillas de *Cedrela odorata* almacenadas a temperatura ambiente empezaron a perder viabilidad hacia el cuarto mes, y para el décimo mes toda la viabilidad se había perdido (Lamprecht 1956). Almacenadas en recipientes abiertos, pero a 5°C, la declinación no empezó hasta después de 12 meses; cuando se sellaron y se mantuvieron a temperatura ambiente, la declinación empezó entre cuatro y seis meses después, y sólo el 25% germinó después de 14 meses. Las semillas selladas y a 5°C, mantuvieron la tasa inicial de germinación hasta los 14 meses. El 50% de las semillas de *Cordia alliodora*, selladas con un contenido de humedad del 12 al 18% y almacenadas a 5°C permanecieron viables después de un año (Tschinkel 1967).

Las semillas de las dipterocarpaceas son relativamente perecederas. Las semillas de dos especies de *Shorea*, que normalmente son viables durante sólo una semana, se almacenaron con éxito durante 3 o 4 semanas al reducir el contenido de humedad de 40% a 20 - 25%, y almacenándolas luego a 16°C (Tang 1971).

En Nigeria, los ensayos demostraron que al reducir la temperatura hasta casi 0°C, la viabilidad de las semillas

de *Khaya grandifolia* y *K. ivorensis* se extiende de 6 semanas a 3 años, *Entandrophragma angolense* de 6 semanas a 6 años y *Triplochiton schleroxylon* de 4 semanas a 2 años (Olatoye 1967).

Las semillas de *Ochroma lagopus* en la India, se almacenaron con éxito hasta 18 meses en recipientes sellados (Nair 1953). Las semillas de *P. merkusii* en Filipinas, se deterioraron 3 a 4 meses después a temperatura ambiente (Gordon et al. 1972), pero almacenadas a 2°C y con un contenido de humedad del 6 a 10% permanecieron viables hasta tres años. La aplicación de calor seco durante cinco minutos a semillas frescas de *O. lagopus* resultó en las siguientes tasas de germinación: con 30°C, 3%; 55°C, 19%; 76°C, 70%; 96°C, 78%; 115°C, 42%; y 135°C, 1% (Vázquez-Yanes 1974). Al hervir las semillas de *O. lagopus*, no sólo aumentó la germinación, sino que también se obtuvieron mejores resultados después del almacenaje (Cuadro 6-3).

Las semillas de *Swietenia macrophylla* típicamente permanecen viables casi tres meses al aire libre; pero a 5°C, la viabilidad se mantiene por casi un año. Un ensayo en Filipinas demostró los posibles beneficios del almacenamiento sellado bajo tierra (López 1938). A los 24 años, la tasa de germinación fue de 90%, comparado con 86% para almacenaje abierto sobre tierra; pero después de 132 días, la germinación fue de 72% para las semillas almacenadas bajo tierra, en comparación con 4% para las almacenadas sobre tierra.

El uso de una solución del 0,1% de ácido hidroclicórico hasta por 20 minutos para esterilizar las semillas de *P. caribaea* no las dañó (Hong y Ivory 1974). El sumergimiento durante cinco minutos aumentó la germinación seis meses después en un 20%.

Factores de germinación de semillas. La germinación de las semillas de la mayoría de especies de árboles tropicales no presenta problemas especiales. La germinación empieza unos pocos días después del sembrado y pronto se completa (Cuadro 6-4). *Leucaena leucocephala* es una excepción, sin embargo, debido a que algunas semillas son muy duras, la germinación puede tardar entre uno y cuatro años, según lo indican experiencias en Hawai (Akamine 1952). Las semillas frescas de esta especie germinan a una razón de 44 a 80% en cuatro meses y de 73 a 80% en ocho meses.

La mayoría de las semillas de *Anthocephalus chinensis* germinan en cuatro a catorce días (Pollard 1969).

Cuadro 6-3.—Efectos sobre la viabilidad de la inmersión de semillas de *Ochroma lagopus* en agua hirviendo

Inmersión (segundos)	Tiempo de almacenaje (% germinación)		
	1 año	2 años	3 años
0	2	6	3
15	84	80	67
120	78	71	64
240	60	64	56
480	57	65	56
960	25	44	38
1,920	5	6	2

Fuente: Vazquez-Yanes 1974.

Debido a su pequeño tamaño, deben ser comprimidas en el suelo húmedo, protegidas de la lluvia con coberturas de vidrio e irrigadas frecuentemente. Las semillas de *Swietenia macrophylla* típicamente germinan entre 13 y 27 días después de haber sido sembradas (Araujo 1970). La germinación de semillas de bambú, generalmente lleva de 2 a 6 semanas (Hadfield 1958).

El potencial de germinación de la mayoría de las especies forestales tropicales es alto, 85% o más (Araujo 1970). Sin embargo, si las semillas se maltratan durante la recolección o fumigación, o se secan demasiado tarde, la germinación puede reducirse drásticamente. Para *Pinus merkusii* se registraron germinaciones típicas de sólo el 10% (Anón. 1971b), pero al mejorar la manipulación la tasa aumentó a más del 90%.

La latencia de las semillas se debe entender bien, si no se quiere tener tropiezos con la germinación. Se reconocen tres tipos de latencia de las semillas (Chapman y Allan 1978).

- Latencia exógena, relacionada con propiedades de la envoltura de las semillas (mecánica, física o química)
- Latencia endógena, regida por las propiedades del embrión o endospermo (morfológica o fisiológica)
- Latencia combinada, causada por una combinación de las dos anteriores.

Cuadro 6-4.—Tiempo de germinación de semillas de especies arbóreas de Zambia

Especies	Germinación (días después del sembrado)
<i>Araucaria cunninghamii</i>	7–19
<i>Callitris</i> spp.	21–57
<i>Casuarina cunninghamiana</i>	10–38
<i>Cryptomeria japonica</i>	20–83
<i>Cunninghamia lanceolata</i>	11–21
<i>Cupressus lusitanica</i>	21–63
<i>Eucalyptus deglupta</i>	19–117
<i>E. grandis</i>	7–54
<i>Pinus elliottii</i>	7–31
<i>P. kesiya</i>	9–46
<i>P. patula</i>	10–45
<i>P. taeda</i>	10–90
<i>Tectona grandis</i>	12–38

Fuente: Barrett 1973.

Algunas especies presentan postmaduración de las semillas (continúan madurando después que se separan del árbol). En lo que hoy es Sri Lanka, las semillas de nueve meses de *Tectona grandis* germinaron mucho más rápido que las semillas frescas (Fernando 1965), y un almacenaje de hasta 18 meses aumentó la germinación aún más (Wood 1968). En la India también se registró postmaduración de semillas de teca (Gupta y Pattanath 1975). Se descubrió que la dormancia de las semillas estaba influenciada por un inhibidor de la germinación en el mesocarpio, soluble en agua. La germinación de semillas de *L. leucocephala*, cuatro meses después del sembrado, fue del 80% con semillas de seis meses de edad, y del 50% con semillas frescas (Akamine 1952). Sin embargo, a los 12 meses, los dos grupos tuvieron las mismas tasas de germinación. La mayoría de las semillas, sin embargo, incluso las de *Cecropia negra* en Venezuela (Lamprecht 1955), se pueden sembrar de inmediato con resultados satisfactorios.

Algunas especies intolerantes no germinan en la oscuridad. Un ejemplo es *Musanga smithii*, una contraparte africana de *Cecropia*, que alcanza hasta un 90% a plena luz (Adkoesoema y Kiamil 1955). Otras intolerantes, por el contrario, germinan bien en la oscuridad; tal es el caso de *O. lagopus* (Vázquez-Yanes 1974), sin embargo, la temperatura del almacenaje es crítica para esta especie. Cuando las semillas se

someten a 24 horas a temperatura constante a 16, 26 y 36°C, la germinación de *O. lagopus* no excedió el 4%, con o sin luz; pero con 20 horas a 25°C y 4 horas a 45°C, la germinación aumentó a 63-65%, sin tomar en cuenta la luz. En lo que hoy es Belice, los observadores concluyeron que, en la naturaleza, las semillas de *O. lagopus* germinan después de los incendios (Stevenson 1940).

Las semillas de *A. chinensis* en Costa Rica germinaron mejor bajo un techo opaco de metal que bajo un techo de plástico transparente (González y Grijpma 1968). Se supone que la luz, temperatura y humedad estaban involucradas, pero parece que la luz no es de naturaleza crítica para la germinación de esta especie.

El remojo previo de las semillas para estimular la germinación es común en las zonas tropicales. El hecho de remojar las semillas de *P. caribaea bahamensis* de 24 a 60 horas supuestamente aumenta su energía germinativa (Anón. 1972c). El remojo previo de las semillas de teca durante 48 horas se ha practicado en la India durante un siglo o más (Laurie 1937). El remojo y secado diario durante tres semanas o más resultó en una germinación alta y puntual (Bannerjee 1942); otra práctica común es remojar las semillas durante 72 horas antes de sembrarlas (Wood 1968).

El agua caliente estimula la germinación de algunas semillas. *Prosopis juliflora* y varias especies de *Acacia*, por ejemplo, aumentan sus tasas de germinación si se coloca las semillas en agua hirviendo y se las deja enfriar a temperatura ambiente (Chapman y Allan 1978, Chatterji y Mohnot 1968); el remojo a 100°C por más de una hora, en cambio, resultó fatal. El remojo de las semillas de *Paraserianthes falcataria* en agua a 38°C durante diez minutos elevó el porcentaje de germinación de 36 a 72% (Valencia 1973). Las semillas de *L. leucocephala* en la India alcanzaron una germinación del 85%, cuando se las hirvió brevemente en agua y luego se las dejó en remojo durante un período de 24 a 48 horas (Chaturvedi 1981).

La escarificación mecánica (raspado o rayado de la envoltura de las semillas) estimula la germinación de algunas semillas. Las semillas de *Prosopis juliflora* —el 40% de las cuales se clasifican como duras— sacudidas en una botella dos veces por segundo durante 15 minutos, aumentaron su tasa de germinación del 60 al 97% (Nambiar 1946). El sacudirlas durante cinco minutos produjo una germinación del 93%.

Ensayos con *T. grandis* en Tailandia (Keiding *et al.* 1966) demostraron que si se quita el exocarpio de los frutos y se exponen a las hormigas durante 1 o 2 semanas se acelera la germinación. En un ensayo en la India, el endocarpio se removió cortándolo en cuatro con un cuchillo fino, y se aplicó luego un fungicida; el resultado fue una germinación rápida (Dabral 1976). Los ensayos de nueve tratamientos mecánicos para semillas de teca, sin embargo, arrojaron resultados tan inconsistentes que se recomendaron mayores estudios (Muttiah 1975).

Una especie tropical americana, *Hernandia sonora*, normalmente tiene una tasa de germinación de casi 18% en cinco meses (Anón. 1952l), pero si se perforan los endocarpios, la germinación puede sobrepasar el 80% en dos meses.

La escarificación con ácido (generalmente ácido sulfúrico concentrado, H_2SO_4) acelera la germinación de las semillas duras. Ensayos con *L. leucocephala* en la India dieron buenos resultados después de 20 a 40 minutos de remojo en ácido sulfúrico concentrado (Ramdeo 1971). Las semillas de *Acrocarpus fraxinifolius* normalmente tiene germinaciones muy bajas (0,3%) después de 18 horas de remojo en agua, pero después de un tratamiento de diez minutos en ácido sulfúrico concentrado germinaron hasta 90% (Rai 1976).

Siembra directa. La siembra directa de semillas, dispersa o concentrada, puede costar de un tercio a la mitad de la producción en un vivero (Thomson 1968). Con algunas especies, incluso muchas de semillas grandes, se prefiere esta técnica debido a la sensibilidad del plantón al ser trasplantado a raíz desnuda; por ejemplo, *Calophyllum calaba*, *Hymenaea courbaril* y *Manilkara bidentata*. La supervivencia puede ser pobre, sin embargo. Donde las semillas son escasas o caras, el sembrado por dispersión de semillas no es práctico, porque tiende a producir densidades irregulares que requieren un raleo temprano de grupos densos.

La siembra directa es mucho menos común que la plantación en los trópicos. Esa técnica puede ser más cara debido a que requiere más cortas de malezas; sin embargo, bajo ciertas condiciones es práctico. Ensayos con *Eucalyptus saligna* en Australia han demostrado que la siembra directa en terrenos quemados puede producir una regeneración abundante (Elliott 1956). *Senna siamea* en la India se establece de esta manera en bosques de leña y forraje, particularmente en la estación

lluviosa (Guiscafre 1961, Prasad 1944b). Esta especie tiene la reputación de crecer a través del pasto *Imperata* en Malasia y eliminarlo. *Imperata* también ha sido controlado en Filipinas con la siembra directa de *L. leucocephala* (Buenaventura 1958). Al comienzo de la estación de lluvias, el pasto se quema para reducir la población de roedores que se comen las semillas del árbol. Luego, se dispersan las semillas a mano o desde el aire, o se siembran en surcos aclarados o en sitios marcados. Cada 3 a 4 meses durante el primer año se limpia de malezas y luego dos veces al año. Los incendios se deben evitar durante dos años, después los árboles se vuelven resistentes al fuego (Pendleton 1934). En un ensayo de siembra aérea sobre un denso pasto *Imperata* a fines de la estación, se encontraron 2,5 a 5 plantones por metro cuadrado (San Buenaventura y Assidao 1957).

En las regiones áridas de la India, esta técnica ha sido de uso común. *Prosopis juliflora* se ha sembrado en zanjas para establecer plantaciones de leña y forraje (Singh 1951); también se la ha establecido con éxito desde el aire en arenas inestables (Singh 1954). Otras especies con las cuales el sembrado directo ha tenido éxito son: *Acacia auriculiformis*, *A. catechu*, *Anacardium occidentale*, *Azadirachta indica*, *Bauhinia* spp. y *G. arborea* (Goswami 1957). La siembra directa de 2 o 3 semillas de *G. arborea* en 5200 montículos por hectárea mostró al año una supervivencia de 72%, a pesar de una precipitación anual de sólo 140 cm (Sábado y Asunción 1970).

En Zambia, la siembra directa de *E. citriodora* y *E. saligna* ha sido exitosa sólo bajo ciertas condiciones (Endean 1966). El sembrado se debe efectuar muy a principios de la estación lluviosa, después de una quema intensa. En África, *Cedrela odorata* muestra un crecimiento en altura rápido y adecuado cuando se la siembra directamente en hileras aclaradas (Lamb 1969b).

En el hemisferio occidental, *Calophyllum* spp. y *G. arborea* se siembran de manera directa en Brasil, y *O. lagopus* en Ecuador. En el último caso, para controlar el crecimiento de malezas, se protege el área alrededor de la semilla con plástico. La siembra directa de *Cupressus lusitanica* también ha tenido éxito en sitios bien aclarados y húmedos (Holdridge 1953). *S. mahagoni* fracasó en bosques secos de Puerto Rico debido a sequía extrema, que mató los plantones de hasta dos años. La siembra directa de *P. elliotii* en el sur de

Estados Unidos requiere la quema de la vegetación o el arado por discos (Mann 1958). En Monte Dourado, Brasil, después de años de plantar *G. arborea* en viveros a gran escala, al aparecer una regeneración natural abundante producida por semillas caídas bajo las plantaciones, se comenzó a efectuar un sembrado directo como práctica estándar en todos los sitios que habían sufrido quemaduras (Woessner 1980a). En 1980, el sembrado directo de dos semillas por golpe había tenido éxito en una zona de 1500 ha.

El largo período de limpieza de malas hierbas que la siembra directa requiere limita su uso, aún con especies que de otro modo serían muy aptas para esta técnica. Un ejemplo se ve en Colombia, donde la siembra directa de *C. lusitanica* y *P. patula* tuvo buen resultado, pero el costo de las limpiezas hizo que la siembra directa fuese más cara que el plantado (Gutiérrez y Ladrach 1978).

El futuro de la siembra directa parece depender de un control barato de la vegetación competitiva y de las plagas. A medida que se mejoran los repelentes, la técnica podrá ser más extensivamente usada en los trópicos (Stuart Smith 1968).

Viveros forestales. Donde el uso de material silvestre o la siembra directa no son prácticos, se necesitan viveros. Estos pueden variar de unas pocas camas simples de uso provisional, a operaciones permanentes, muy organizadas y técnicamente avanzadas. Unas pocas consideraciones principales se detallan aquí. Liegel y Venator (1988) han publicado una guía técnica para el manejo de viveros forestales.

El sitio ideal para un vivero debe: 1) estar cerca de los sitios de plantación, 2) estar bien ubicado en términos de transporte y acceso a la mano de obra, 3) tener un suministro continuo de agua de buena calidad y 4) tener un suelo bien drenado y trabajable, ya sea para establecimiento directo, o para llenar recipientes (Fig. 6-2). El sitio del vivero debe ser lo suficientemente grande como para acomodar la producción actual y anticipada. Debe haber un lugar seguro donde guardar las semillas, herramientas y equipos necesarios. Generalmente se necesita un lugar bajo sombra parcial, protegido de la lluvia para la germinación y desarrollo inicial de los plantones.

La elección del momento oportuno es esencial cuando se maneja un vivero tropical. Las operaciones del vivero



Fig. 6-2.—Preparación de un pequeño vivero forestal típico en el campo en Guatemala.

se deben planear para cumplir con las fechas en que se propone efectuar el plantado. Si la época de plantar es de varios meses se necesitará un flujo continuo de existencias que maduren durante el período, por lo que todos los escalones previos se deben planear en consonancia. Las consideraciones que rigen el momento oportuno de las operaciones del vivero forestal son las siguientes:

- El largo máximo de la época de plantar cada especie forestal, planeando el plantado de acuerdo con las condiciones favorables del sitio.
- El período de producción desde el sembrado hasta el levantamiento, junto con las posibles variaciones mediante el uso de estimulantes, tales como tratamiento pregerminativo de las semillas, uso de plántulas como sustitutos de trasplantado, sembrado directo en envases, enriquecimiento del suelo y tamaños de las existencias de mayor a menor.
- El almacenaje de las semillas desde la caída hasta el período de siembra.
- La adquisición anticipada de las semillas, ya sea de fuentes locales o lejanas.

Una vez que se han organizado estos pasos que dependen del tiempo, se pasa a las tareas estacionales menores, como preparación del suelo y adquisición de materiales y equipos, durante los períodos de menor trájín. El momento oportuno también puede estar

influenciado por la disponibilidad estacional de trabajadores agrícolas.

Propagación vegetativa

El uso del material vegetativo en vez de semillas para la propagación de árboles es ventajosa bajo ciertas circunstancias. En Ghana, resultó ser la única manera de propagar a *Triplochiton scleroxylon* durante años de producción irregular de semillas (Nkansah-Kyere 1970). El crecimiento en altura de esquejes arraigados con hormonas fue igual al crecimiento de rebrotes y brinzales, durante al menos los primeros cuatro años.

La propagación vegetativa es más confiable para controlar las características genéticas de los propágulos. Debido a que la semejanza entre los rametos (ramets) y ortetos (ortets) es probablemente mayor que la semejanza entre la progenie y sus padres, la propagación vegetativa aumenta el potencial para la mejora genética de los árboles (Squillace 1970).

Debido a su mayor semejanza a los padres, los árboles producidos por propagación vegetativa (asexual) no se asemejan a las plántulas. Por ejemplo, *P. radiata* a partir de esquejes en Australia creció más rápido en altura durante ocho años que a partir de semillas (Fielding 1970). Los esquejes también tenían una corteza más delgada, menos declinación en la parte inferior del tronco, copas menos densas y raíces más gruesas y pesadas. Estas diferencias se atribuían al traspaso de las propiedades asociadas a la edad del árbol padre o a la etapa de desarrollo del vástago. En EE.UU., árboles de 12 años de *P. elliotii* producidos a partir de acodos aéreos no diferían significativamente de árboles crecidos a partir de plantones, en términos de crecimiento de brotes y superficie abarcada por las raíces, pero carecían de raíz primaria (Schultz 1972).

Muchas especies de árboles tropicales han sido reproducidas vegetativamente, proporcionando grandes oportunidades para la mejora genética del árbol. Ya en 1953, según los informes, 74 especies se estaban reproduciendo por esquejes en la India, 104 por rebrote de raíz, 11 por acodo aéreo (induciendo el desarrollo de las raíces en la parte aérea de la planta), y 9 por rebrotes y esquejes (Rao 1953).

Bajo condiciones favorables, la propagación vegetativa puede tener éxito en la producción en masa de *Eucalyptus*, *Triplochiton* y muchos otros géneros tropicales (Heybroek 1978). Todos los árboles parecen tener una

etapa juvenil, durante la cual les es más fácil arraigarse que en cualquier otra. Se han desarrollado clones con características genéticas idénticas, como resultado de la propagación vegetativa de eucalipto en gran escala.

Leakey (1978) temía que una técnica forestal a base de clones resultaría en bosques grandes biológicamente uniformes, sensibles al riesgo de plagas, enfermedades y otros peligros, y abogó por que se mantuviera la diversidad genética, usando grandes cantidades de clones para reducir los riesgos. Al seguir produciendo nuevos genotipos continuamente, la diversidad puede, en efecto, ser mantenida más efectivamente que un bosque o vivero forestal a base de semillas. Leakey previó la selección de clones para un único producto a partir de especies agroforestales de uso múltiple.

Esquejes de tallo y raíz. Los primeros intentos de propagar árboles de modo vegetativo fueron mediante esquejes (secciones de ramas pequeñas) que se clavaban en el suelo y se mantenían bien irrigados. *Ceiba pentandra* arraigó bien mediante este método en Filipinas (Pacumbaba 1939-1940), y también *Cedrela odorata* a partir de esquejes de 5 a 15 cm de diámetro (Castro 1951). Sin embargo, ensayos en Ghana demostraron que no se podía confiar en el arraigo de esquejes de árboles de nueve años de esta especie, aún cuando los esquejes fueron tratados con hormonas (Britwum 1970). Ensayos en Taiwán con *C. sinensis*, una especie similar, arrojaron luz sobre esta variabilidad (Huang 1967). Los esquejes cortados entre enero y febrero produjeron un promedio de brotes de 94 a 96%; 90% los cortados en marzo; 83% los de abril; 31% los de mayo y 22% los de junio. Se llegó a la conclusión que los brotes eran más vigorosos antes de comenzar el crecimiento terminal. La supervivencia también fue afectada de forma similar por la estación en que se clavaban los esquejes: 35% en enero, 55% en febrero, 32% en marzo y abril, 20% en mayo y 14% en junio. Los primeros esquejes también resultaron superiores en cuanto al crecimiento en altura y diámetro y desarrollo de raíces. Los esquejes tomados de la base de los árboles alcanzaron una tasa de supervivencia del 83%, en tanto que los provenientes de las ramas alcanzaron 65%. El uso de hormonas mejoró el promedio de supervivencia de 63 a 72%.

Casuarina junghuhniana, una especie de Java, extensamente usada en Tailandia e introducida en la India, es capaz de brotar a partir de los esquejes (Thirawat 1953).

Las coníferas son difíciles de reproducir mediante esquejes. Sin embargo, un ensayo con esquejes de ramas de *Araucaria cunninghamii* en la India detectó la formación de raíces en el 50% de los esquejes y una tasa de supervivencia de 17% al año de iniciado el ensayo (Dabral 1961).

El alto costo de limpiar las semillas de *Prosopis juliflora* en la India hizo que se iniciaran ensayos con esquejes de plántulas silvestres de casi 1 m de altura y 2 cm de diámetro en el cuello de la raíz, los cuales brotaron y sobrevivieron en forma satisfactoria (Kaul 1956).

Esquejes de *Eucalyptus deglupta* se pueden arraigar fácilmente en agua, y se han registrado tasas de hasta 90% (Davidson 1973c). Sin embargo, el éxito del arraigo depende muchísimo de la edad del orteto (ortet). Casi todos los esquejes tomados de las puntas de árboles de hasta 12 meses de edad arraigaron, pero ninguno de los tomados de árboles de cinco años (Davidson 1974). Se ha descubierto que los esquejes de la mayoría de las especies de eucaliptos no producían raíces una vez que la planta había ya pasado la etapa juvenil (Pryor 1978).

Los esquejes de tallo de *Eucalyptus* se han usado a gran escala en Aracruz, Brasil con *E. grandis* y *E. urophylla* (Ikemori 1975, 1976). Estos esquejes tienen dos pares de hojas.

Los esquejes de muchas especies echan raíces con la misma rapidez, independientemente de si se irrigan sólo con agua, o se usan también hormonas. Las ramas superiores de *P. caribaea* en Uganda mostraron un comportamiento satisfactorio con agua (24 - 26%) y con hormonas (Tufuor 1973). La efectividad de los tratamientos de hormonas pueden variar con la sustancia química o la concentración. Los ensayos normalmente comparan más de una concentración de hormonas; sin embargo, el ensayo de *P. caribaea hondurensis* en Brasil con los ácidos indolbutírico e indolpropiónico no mostró diferencias en la efectividad de los niveles prescritos (Brandi y de Barros 1971).

En Costa Rica, *Acrocarpus fraxinifolius*, *Tabebuia rosea* y *Toona ciliata australis* arraigaron exitosamente con fitorreguladores (Zanoni Mendiburu 1975). Los fracasos incluyeron a *Cordia alliodora* y *Swietenia macrophylla* (aunque arraigaron con éxito en otras partes), *Cedrela odorata* y *Simaruba amara*.

Los esquejes de raíz quizás sean superiores a los de tallo. La especie de la zona templada *Albizia julibrissin* no raicea a partir de esquejes de tallo, pero sí de esquejes de raíz de 2 cm de diámetro y 8 cm de largo (Fordham 1968); los brotes juveniles también fueron fáciles de arraigar. El uso de esquejes de raíz más largos (hasta 30 cm) produjeron una mayor cantidad de brotes. Los brotes de tocón también tuvieron mayor éxito en arraigar que los brotes de tallo, en el caso de *Eucalyptus* (Pryor 1978).

En Papúa - Nueva Guinea, una técnica para la reproducción de *E. deglupta* mediante esquejes tuvo un éxito del 90% (Davidson 1973c). Se espera que esta y otras prácticas usadas en Brasil se aplicarán más generalmente y aumentarán significativamente la productividad de las plantaciones de estas especies.

Acodado aéreo. Donde la propagación por esquejes de tallo o de raíz es difícil, el acodado aéreo puede tener éxito. Este consiste en cortar la corteza exterior del tallo y cubrir el área con un material que guarde la humedad hasta que broten las raíces y se pueda efectuar la separación. Los empeños iniciales de efectuar acodados aéreos con 42 especies de árboles forestales tropicales en la India tuvieron éxito (se obtuvieron raíces en el 40% de los casos o más) con *Casuarina equisetifolia*, *C. cunninghamiana*, *Chickrasia tabularis* y *T. ciliata*; *Araucaria cunninghamii* y *Tectona grandis* raicearon sólo entre 10 y 20% (Kadambi y Dabral 1954). Las ramas inferiores de *Casuarina junghuhniana* también se acodaron con éxito (Thirawat 1953).

La diferencia entre árboles jóvenes y viejos es la misma para el acodado que para los esquejes, en el caso de *P. elliottii* (Hoekstra 1957). Esta diferencia fue pronunciada entre árboles de 6 y 23 años de edad. Con *P. roxburghii* en la India, se determinó que el acodado aéreo se debía hacer en el crecimiento del año anterior, justo debajo del brote apical (Chaudhuri 1960); esta técnica fue más exitosa si se hacía cuando los brotes apicales apenas se estaban abriendo en enero. Las raíces empezaban a brotar alrededor de los tres meses y alcanzaban el tamaño adecuado a los seis meses. En otro ensayo en la India, se obtuvieron éxitos del 100% para *P. roxburghii* en abril y mayo y para *P. caribaea* en junio; se determinó que las ramas de dos años eran superiores a las de un año (Kedharnath y Dhaundiyal 1963). Ensayos de acodados aéreo en Venezuela mostraron que no había problema en usar árboles de ocho años de *P. radiata* y de 3,5 años de *P. oocarpa* (Melchior 1963). El

uso de ácido indolbutírico aceleró la formación de raíces.

Injertos y producción de yemas. La dificultad de propagar muchas especies por esquejes ha conducido al ensayo con injertos, insertando una yema o un tallo terminal en el cambium de un tocón arraigado, como se hace comúnmente con árboles frutales u ornamentales. Esta técnica tuvo éxito con *Ceiba pentandra* en Filipinas hace bastante tiempo (Pacumbaba 1939-40).

En Venezuela se injertó con facilidad *P. radiata* en patrones de *P. oocarpa* de 8 y 3,5 años (Melchior 1963). Se desarrollaron injertos de *P. caribaea* en el campo cubriendo con plástico el injerto insertado en el brote apical (Nikles 1965). Esta técnica mejoró el promedio de éxito de los injertos del 66 al 91%. El uso de la cubierta de plástico permitió el uso de púas en estado de dormancia, que eran hasta 37% inferiores a las púas en crecimiento activo, y que el injerto se efectuara en cualquier momento del año.

Este tipo de injerto tuvo éxito con *Araucaria* en el este del África, un descubrimiento importante debido a la falta de semillas en la región (Willan y Salimu 1966). La púa debe provenir de una rama apical para producir un crecimiento vertical. Se encontró que la decapitación producía múltiples brotes adecuados para injertos. También se desarrollaron injertos interespecíficos con *Cupressus* (Dyson 1967).

Las experiencias en Australia con *P. elliottii* demostraron que los injertos eran muy satisfactorios en vista del fracaso de los esquejes (Slee 1967a). Bajo condiciones favorables, los injertos en brote apical y en rama lateral (injerto insertado en el costado de una rama terminal) resultaron satisfactorios; los injertos de botella (injerto lateral, pero la base de la púa se mantiene en un envase con agua) tuvieron mejores resultados en condiciones difíciles. La protección contra la desecación es importante, por lo que no es conveniente hacer los injertos durante los meses estivales. Los árboles jóvenes y viejos rindieron los mismos resultados, sin que el uso de auxinas, lavado basal y sustancias inhibitoras de la transpiración produjera ninguna ventaja.

Se registraron injertos de brote apical para ocho especies de *Eucalyptus* en Nueva Zelandia (Thulin y Faulds 1962), las cuales arraigaron entre 80 y 100%. *Eucalyptus deglupta* se injertó con éxito mediante la técnica de botella en Papúa - Nueva Guinea (Davidson

1968). Con esta especie, los injertos de botella y de brote apical frecuentemente eran incompatibles, un problema que fue eliminado mediante el uso de injertos en parches (Davidson 1973a). La incompatibilidad siguió siendo un problema para muchas especies tropicales, sin embargo, lo que requirió el remplazo de muchos árboles en los huertos semilleros (Pryor 1978).

Se ensayaron injertos de *S. macrophylla* durante cuatro estaciones en Taiwán, que demostraron que el injerto es sensible a la estación; la mejor época para los injertos fueron los primeros diez días de marzo (Liou 1969). Las púas se remojaron en una de tres soluciones de hormonas (50 ppm de ácido indolbutírico, naftalina o ácido indolacético) durante dos horas, los días 10 y 30 de marzo. La supervivencia para todos los tratamientos fue del 80% o más.

La producción de yemas en teca de un año de edad en vivero ya era promisorio desde 1960 (Keiding y Boonkind 1960). Las yemas de tocones de teca en vivero, colocados bajo rocío, alcanzaron una tasa de arraigado de casi el 100% sin hormonas (Hussain *et al.* 1976). Las yemas usadas tenían dos o tres pares de hojas cuando se cortaron. Los injertos de teca en plantas de nueve meses alcanzaron un éxito del 100% en Sri Lanka (Perera 1961).

Otras prácticas para la propagación de árboles. El uso de cultivo de tejidos, crecimiento y multiplicación de parénquima en un medio artificial, parece ser muy prometedora para la propagación vegetativa. Se ha ensayado con varias especies arbóreas en Filipinas (Crizaldo 1980), y se han obtenido resultados prometedores con *Paraserianthes falcataria*, *G. arborea*, *P. caribaea* y *P. kesiya*.

Skolmen (1985) indica que aunque el cultivo de tejidos tiene el potencial de producir cantidades enormes de plantas muy rápida y efectivamente, hasta ahora ha sido exitoso sólo con especies que se pueden propagar fácilmente mediante métodos convencionales. Por lo tanto, no es un método para superar las dificultades de la propagación. Además, el proceso no es simple ni siempre exitoso. Sin embargo, Skolmen anticipa que en el futuro quizás sea posible que el cultivo de tejidos produzca más que los métodos de propagación convencionales, a un costo menor.

El bambú generalmente se propaga vegetativamente, debido a la infrecuente periodicidad de su

floreCIMIENTO. Las experiencias iniciales con *Bambusa spinosa* en Filipinas demostraron que los brotes del material vegetativo eran más vigorosos bajo la luz directa del sol (Mabbayag 1937). Además, se observó que los esquejes de tallo de la base de la cepa tienen un crecimiento inicial más rápido que los esquejes de la parte media o superior.

Las experiencias con la propagación del bambú en Puerto Rico recomendaron que se usaran cepas de 2 a 3 años de edad, que todas las ramas principales se podaran y que los esquejes se enterraran en un surco de 15 a 20 cm de profundidad (White 1948). Esquejes de *Bambusa vulgaris* de 70 a 130 cm de largo a menudo echan raíces cuando se los clavan en el suelo. Para mejores resultados, se usaron los nudos alargados que se dan en la base de la cepa. Se han efectuado recomendaciones similares para *Dendrocalamus latifolius* en Taiwán (Lin 1962). Se usaron esquejes con dos nudos, evitando la parte superior del caño; la especie rebrotó bien en marzo, pero abril y mayo fueron las mejores alternativas.

Las experiencias con *B. vulgaris* en Sudán indicaron que los mejores esquejes son los que tienen tres nudos y provienen del tercio medio del caño (Khan 1966b), seguidos por esquejes de dos nudos de la misma parte, y esquejes de tres nudos de otras partes del caño. El mejor mes de rebrote fue julio. Los esquejes se colocaron en el suelo en forma inclinada, con un nudo enterrado. Los brotes aparecieron a los 20 días. La tasa de supervivencia a los dos años del mejor tipo de esquejes fue de casi 50%.

En Filipinas, las plántulas de bambú de tres años de edad se dividieron para separar los ocho a doce brotes que cada una tenía (Sunder 1970). Las plántulas aguantaron el trauma bastante bien, y luego produjeron más brotes. La práctica en Bangladesh, con los bambúes de pared gruesa, es usar caños de cepa de 50 cm de largo, similares a los de acodos (Hasan *et al.* 1976); una vez arraigados, desarrollan en un buen material de plantado en 20 a 24 meses. Esta práctica es menos efectiva con bambúes de pared delgada.

El suelo de propagación. Las prácticas de vivero en todo el mundo no han dicho mucho en cuanto a los suelos usados para la propagación, sea mediante esquejes o semillas. El suelo debe ser lo suficientemente ligero como para permitir un drenaje libre y el levantamiento del material de plantación con facilidad para no dañar

las raíces. Sin embargo, debe ser lo suficientemente pesado para retener el agua y los nutrientes y tener propiedades adherentes cuando se lo usa en envases. Una vez que estas condiciones se cumplen, el control de la calidad del medio es principalmente cuestión de química, incluso la regulación del pH, teniendo que asegurar que los nutrientes existentes estén disponibles y corrigiendo cualquier deficiencia de los que no existen.

Por ejemplo, la arena del río se ha usado como base para producción en envases en Nigeria (Lowe 1967b). Para aumentar la retención de agua, se añadieron desechos de las vainas de cacao, afrecho de arroz, y aserrín. El agregado de una mayor cantidad de materia orgánica redujo el crecimiento, debido a una razón adversa de carbono (C) a nitrógeno (N), o debido al aumento de la mortalidad al perturbarse el pH o el equilibrio de nutrientes. El uso de fertilizantes relativamente insolubles resultó ser lo indicado.

Los ensayos en Puerto Rico con *P. caribaea* mostraron que la *sphagnum* si se la fertilizaba apropiadamente, era mejor que la arena y el suelo como medio de envase; las plantas en *sphagnum* crecieron dos veces más rápido que las plantadas en una mezcla de arena y tierra (Marrero 1961). Las raíces se desarrollaron mejor en envases con una mezcla de *sphagnum*, vermiculita y lodo.

El estado de los nutrientes en los viveros forestales tropicales se debe diagnosticar con frecuencia (Swan 1969). Los análisis foliares regulares son útiles. Se debe reconocer la necesidad de fósforo (P), potasio (K) y de otros elementos, y no prestar atención sólo al N, pues se podría crear un desequilibrio con los demás elementos.

En algunas regiones, los filtros comprimidos de las fábricas de azúcar constituyen un complemento orgánico fácilmente disponible para preparar el suelo de los viveros. En Australia, usados en camas de vivero a razón de 34 t/ha son beneficiosos, aunque a razón de 112 t/ha produjo clorosis (Anón. 1965g). En Puerto Rico, este tratamiento resultó en un aumento del pH a 8 o 9 por el calcio (Ca) en el material, que amenazaba con provocar una clorosis del hierro.

Las prácticas en Sudáfrica reconocen la necesidad de fertilizar las plantas en vivero, aunque los beneficios quizás no continúen después del plantado (Donald 1979). El uso de aditivos orgánicos para los suelos de los

viveros no es práctico en todas partes del trópico. En partes del Brasil, donde no hay disponibilidad de suplementos orgánicos, los fertilizantes inorgánicos son necesarios (Simoes *et al.* 1971). La aplicación de N a los suelos de vivero tiende a culpar a otros factores por el bajo crecimiento. En Australia, ni el N ni el P por sí solos beneficiaron la propagación, pero estas dos sustancias juntas pueden estimular el crecimiento en buena medida (Simpson 1978). Análisis de las existencias en viveros de *E. saligna* en Papúa - Nueva Guinea mostraron plántones atrofiados, de color rojo a violeta, como resultado de una deficiencia de P (Reynolds y Lubres 1971). Con la aplicación de P se corrigió el problema, pero un fertilizante alto en P produjo una baja relación entre raíz y parte aérea, y dificultades con el trasplante.

Las semillas comúnmente se cubren con arena o tierra tamizada, aunque también se usa material orgánico, como la turba musgosa (Thomson 1968).

Se ha comprobado que los hongos simbióticos, que forman micorrizas en las raíces de las plantas y facilitan la absorción de nutrientes son imprescindibles para el éxito de la introducción de pinos en los trópicos. Los hongos generalmente se introducen mediante la inoculación en los suelos de vivero; una vez establecidos, su supervivencia futura parece asegurada. Debido a que su simbiosis es específica con los pinos, no producen ningún otro efecto ambiental. El mayor peligro lo constituye la introducción en el suelo de algún organismo desconocido, junto con las micorrizas.

Los intentos iniciales por introducir *P. merkusii* fuera de su ámbito natural en Indonesia fracasaron (Alphen de Veer 1954), como también fracasó la introducción de tierra inoculada. Luego se plantaron pequeños árboles madres a espaciamientos de 1 m x 1 m, bajo los cuales se trasplantaron plántulas de 6 a 8 semanas de edad. Después de dos años, el terreno estaba uniformemente inoculado y los árboles madres ya no eran necesarios. Esa misma técnica se usó para inocular el suelo en Nigeria (Ekwebelam 1974), donde la adición de P pareció estimular las micorrizas.

En Puerto Rico durante muchos años se trató sin éxito de introducir especies coníferas antes de introducir micorrizas (Briscoe 1959, Hacskeylo y Vozzo 1967, Vozzo y Hacskeylo 1971). La introducción de hongos en un principio también fracasó; sin embargo, se tomó parte del mantillo de un bosque de pinos y se regó en el

suelo alrededor de plántulas moribundas, lo que provocó una respuesta espectacular. Luego se usó la tierra inoculada en las plantaciones para inocular las existencias del vivero. Inoculaciones subsiguientes con hongos conocidos también tuvieron éxito. La práctica en Sudáfrica es inocular los pinos con esporóforos o esporas en vez de suelo infectado (Donald 1979). Janos (1975) describe la amplia ocurrencia de micorrizas en los bosques tropicales.

Prácticas generales de vivero

Espaciamiento. El espaciamiento de semillas, trasplantes o esquejes en los viveros está sujeto a pocas reglas de aplicación universal y generalmente debe ser determinado para cada especie y cada situación. Un ensayo de espaciamiento de *G. arborea* en la India, ilustra las variables principales que se deben considerar (Cuadro 6-5). La cantidad de plántulas que sobrevivieron y fueron utilizables aumentó con la cantidad de semillas sembradas. El espaciamiento más estrecho se considera el mejor si existen bastantes semillas y la superficie del vivero es limitada. Un espaciamiento más amplio es mejor donde las semillas son escasas o caras.

En África, el sembrado de pinos para ser trasplantados, generalmente se hace con una densidad de 2000 a 6000 plantones por metro cuadrado (Allan y Endean 1966, Donald 1965). Para los *Eucalyptus*, es común una densidad de 1500/m².

El sembrado directo en envases tiene muchas ventajas, incluso un crecimiento más rápido y un riesgo menor de contraer la enfermedad del almácigo. Sin embargo, quizás se necesite una mayor cantidad de semillas, porque es necesario sembrar más de una semilla por envase y luego ralea.

Trasplante. El trasplantado de plantones del vivero a camas preparadas o a envases permite elegir un cultivo uniforme con los plantones más vigorosos y colocarlos en el espaciamiento final del vivero. Los pinos antes se trasplantaban varias semanas después de la germinación, pero lo usual ahora es trasplantarlos con 2 o 4 semanas (Griffith *et al.* 1962, Leuchars 1960). Con ello se logra una mayor tasa de supervivencia y una disminución del trauma post-trasplante. *Eucalyptus* generalmente se trasplanta cuando los plantones tienen tres o cuatro hojas (Anón. 1963c). En Malasia, *P. caribaea* se trasplanta 4 a 6 días después de la germinación (Paul 1972).

Sombra. En un principio se creía que los viveros de especies forestales debían estar bajo sombra, debido a que en condiciones naturales la mayoría de las especies toleran la sombra. Ahora, sin embargo, las plántulas se dejan a la sombra sólo cuando son muy sensibles a las altas temperaturas y a la desecación, como cuando están germinando, o cuando esquejes y trasplantes están arraigando. Aún las especies tan tolerantes, como *Araucaria hunsteinii*, han recibido sombra a medias durante sólo seis semanas, o sea casi el 10% del tiempo que están en vivero (Havel 1965). Por otro lado, *Anthocephalus chinensis*, una especie muy intolerante, al principio recibe una sombra ligera, debido a que sus plantones son extremadamente delicados, pero bien pronto se inclina hacia la luz que necesita (Pollard 1969). *E. tereticornis* y la mayoría de las especies de *Eucalyptus* sólo necesitan dos semanas de sombra (Lohani 1978). Los plantones bien establecidos generalmente crecen más rápidamente y se tornan más robustos y leñosos bajo la luz plena del sol que bajo la sombra. La luz plena es deseable aún para existencias que se deben plantar bajo sombra.

Poda de raíces. La corta de las raíces profundas del material de vivero aumenta la densidad y consolidación del sistema radicular. Las raíces principales más cortas y una mayor cantidad de raíces fibrosas reducen el trauma del trasplantado y aumentan la supervivencia y el crecimiento inicial. Esta ha sido una práctica común desde hace tiempo. En los viveros pequeños de los trópicos, esta poda se hace pasando un cable estirado por debajo de las camas de vivero. La experiencia con

Cuadro 6-5.—Efectos del espaciamiento en la supervivencia y rendimiento de *Gmelina arborea* en la India

Espaciamiento inicial (cm)	No. de semillas ^a	No. de sobre-vivientes	No. de pseudoestacas utilizables ^a	No. de árboles perdidos ^a
5 by 5	400	160	56	344
5 by 10	200	104	45	155
10 by 10	100	62	22	78
10 by 15	67	42	18	49
15 by 15	44	31	14	30

Fuente: Rajkhowa 1965.

^aPor metro cuadrado.

S. macrophylla en Filipinas recomendó el podado a los 60 días (Asiddao y Jacalne 1958). En lo que hoy es Zimbabue, esta práctica ha sido una ventaja significativa para los pinos y eucaliptos que se van a trasplantar en pastizales (Stubblings 1958).

Tipos de material para trasplante

A medida que la selección del material para el trasplante avanza de especie a procedencia y luego a progenie, se justifica la intensificación de las inversiones para garantizar la calidad del material. La producción de plántones y otros tipos de material para trasplante amerita mayores estudios, no sólo para reducir costos y mortalidad, sino también para aumentar la capacidad de los árboles plantados de ajustarse a las condiciones del sitio y a la competencia de las malezas.

Plantones a raíz desnuda. El material de trasplante a raíz desnuda puede morir si las raíces se exponen, aún brevemente, al viento o al sol. Por ello, las raíces se deben proteger con un empaque húmedo. La desecación también se puede reducir quitando algunas o todas las hojas en el momento de levantar el plánton.

En el sur del Brasil, *P. elliottii* y *P. taeda* se han plantado a raíz desnuda sólo en sitios donde las lluvias están bien distribuidas a través del año (Simoes *et al.* 1976). En Puerto Rico, esta práctica se discontinuó con *P. caribaea*, en parte porque no se podía confiar en las lluvias, pero también debido al largo período de recuperación por el trauma de plantación, lo que extendió el período de corta de malezas hasta por un año.

El establecimiento a raíz desnuda se ha ensayado en todas partes donde la siembra directa —una alternativa más barata— no ha tenido éxito. Las plantaciones para controlar la erosión en suelos pobres de la India se han efectuado a raíz desnuda con *Albizia amara*, *A. lebbek*, *A. procera*, *Azadirachta indica*, *Dalbergia sissoo*, *Eucalyptus* spp., y *G. arborea* (Goswami 1957). En sitios secos bajo irrigación, se plantó *Casuarina equisetifolia* a raíz desnuda (Venkatesan 1973).

En los climas húmedos, esta técnica ha tenido éxito con muchas especies. En Malasia, la abundancia de material silvestre hizo que la producción en envases fuera demasiado cara (Gill 1970). *Cupressus lusitanica* a raíz desnuda se estableció con éxito en Guatemala, teniendo cuidado especial de proteger las raíces (Holdridge 1953). *Virola surinamensis*, uno de los árboles de buen

potencial en los bosques húmedos del norte de Sudamérica, generalmente se planta a raíz desnuda (Schulz y Rodríguez 1966).

Swietenia macrophylla se ha plantado con buen resultado en Filipinas (Santos y Rimando 1952). Un ensayo de *Terminalia ivorensis* en Nigeria comparó la producción de plántones en envases y a raíz desnuda, y demostró que durante el período lluvioso de 3 a 5 meses no era necesario usar envases (Lowe y Dobson 1966). En Puerto Rico, es tradicional plantar *Casuarina equisetifolia*, *Cordia alliodora*, *Hibiscus elatus* y *Swietenia* spp. a raíz desnuda. Tanto *Eucalyptus* spp. como *P. caribaea* se han plantado a raíz desnuda de manera experimental, con resultados positivos bajo condiciones favorables.

P. caribaea a raíz desnuda y en envases de polietileno mostró una tasa de supervivencia del 99% para ambos métodos a los 30 días. Después de una sequía de siete semanas, la supervivencia bajó al 88% para el material en bolsas y al 45% para la raíz desnuda. Sin embargo, si se incluyen todos los costos, es más barato replantar que usar envases (Briscoe 1960).

Un ensayo en Florida, con plántones de *Eucalyptus* crecidos en bolsas de plástico no mostró una declinación en la tasa de supervivencia cuando se le lavaba la tierra de las raíces antes del plantado (Meskimen 1973). El tratamiento retardó el crecimiento durante el primer mes, pero el transporte se simplificó y se pudo plantar con máquina. El experimento también arrojó mejores resultados con existencias leñosas en vez de suculentas.

Tamaño del material de plantado. El tamaño del material de plantado se ha estandarizado de acuerdo con las condiciones de los países tropicales. Esto ha llevado al rechazo de árboles por debajo de la norma, generalmente sin que se entiendan bien los criterios significativos involucrados. El mejor tamaño de plánton para *Araucaria hunsteinii* en Papúa - Nueva Guinea resultó ser no más de 18 cm (Havel 1965). En Filipinas, el criterio usado fue la edad de las existencias; así, los plántones de once meses de *Pinus kesiya* crecieron más rápido en altura después del plantado que los de seis meses (Zamora y Agpaoa 1976). Para el plantado de pinos y eucaliptos en pastizales, en lo que hoy es Zimbabue, se prefieren plántones grandes a raíz desnuda de 40 a 50 cm de altura (Stubblings 1958).

Las diferencias en el tamaño del material de vivero son comunes; sin embargo, no es seguro obtener ganancias genéticas trasplantando al campo el material más grande. Por ejemplo, en los bordes de camas los pinos en bolsas de polietileno generalmente son más bajos. Sin embargo, este efecto podría deberse a la inhibición de las micorrizas por la exposición lateral al sol, un fenómeno sin relación con el potencial genético de los árboles (Jackson 1974). Sweet y Wareing (1966) concluyeron que las variaciones en el tamaño de las existencias de vivero de menos de un año de edad se deben casi enteramente a pequeñas diferencias de sitio en el momento de la germinación (o poco después) y que son independientes de las diferencias genéticas. La selección de especies dominantes, por lo tanto, no garantiza una superioridad genética.

Experimentos aislados parecen apoyar esta conclusión. En Brasil, entre las plantas de *P. elliottii* de mejor crecimiento a los nueve meses, se eligió sólo una de cada 3500 plantas (Shimizu *et al.* 1977). En el momento del plantado, la altura de los árboles seleccionados fue 34% mayor que los demás; después de un año, la diferencia era del 46%. A fines del segundo año, se había rebajado al 31% y en el tercer año a 12%, lo que significa que el beneficio de esta selección había casi desaparecido. En otro caso, ensayos con *P. taeda* en EE.UU. revelaron variaciones genéticas en la capacidad de los árboles de soportar el trauma del trasplante (Beineke 1967): los árboles altos fueron consistentemente los peores sobrevivientes. Estos ejemplos no abogan necesariamente en contra de los estándares y de la selección en vivero, pero sí sugieren que el material de apariencia inferior, puede en realidad no serlo.

Sin embargo, esta no es una razón para rechazar la selección de plantones como un proceso lógico mediante el cual se puede reconocer el vigor fenotípico. Un estudio de pinos de 45 años en el sur de EE.UU. demostró que el desempeño de los árboles provenientes de plantones de primera calidad era significativamente mejor que los de plantones de tercera calidad (Wakeley 1969). La selección inicial fue corroborada por el desempeño subsiguiente.

Los trabajadores de los viveros comúnmente deben decidir si eliminar o mantener los excedentes, al final de una estación de plantado. Tales existencias normalmente serían más grandes y costaría más plantarlas, y posiblemente serían menos capaces de

sobrevivir. Es probable que no todo el material sobrante deba salvarse, pero los resultados en Puerto Rico indicaron que la capacidad de los árboles de *S. macrophylla* de sobrevivir al plantado no necesariamente declina en unos pocos meses (Marrero 1942). Las existencias de 1 a 2 m de altura se pueden cortar a 10 cm de altura y sobrevivir bien en el campo. Las plantas pequeñas de teca que quedan del año anterior no son necesariamente inferiores para establecerlas en el campo (Venkataramany 1960a).

Pseudoestacas y plantones deshojados. Comúnmente, los materiales más grandes se usan para repoblación bajo dosel, porque su mayor crecimiento podría significar una ventaja sobre sus competidores. Sin embargo, la poda como pseudoestaca de árboles de 1 a 2 m de altura también es una práctica de uso común. Esta poda se aplica por lo general a la teca. La práctica surgió porque las ramas terminales de muchos árboles que no se recortaban se morían de todos modos después del plantado y luego rebrotaban en sitios, que se creía, eran menos deseables que la base del tronco. Las pseudoestacas de teca se podan hasta 2 cm por encima del cuello de la raíz, y generalmente tienen una raíz principal de 15 cm, sin raíces laterales (Wood 1968). En un ensayo efectuado en la India, la supervivencia y crecimiento en altura de teca a los dos años aumentó con el tamaño de la pseudoestaca (Cuadro 6-6).

Las pseudoestacas pueden almacenarse bien. Un ensayo en lo que hoy es Myanmar (Anón. 1947a) demostró que las pseudoestacas de *Toona ciliata* dejadas al aire libre bajo techo tuvieron una tasa de supervivencia del 75%, después de cinco días de almacenaje, pero ninguna sobrevivió después de diez días. Sin embargo, cuando

Cuadro 6-6.—Diámetro de pseudoestacas de teca (*Tectona grandis*) en comparación con la supervivencia y el crecimiento inicial en altura en la India

Cuello de la raíz (cm)	Supervivencia al año (%)	Altura a los 2 años (m)
0.8–1.0	64	0.9
1.0–1.3	81	1.3
1.3–1.5	88	1.5
1.5–2.0	92	1.5

Fuente: Anón. 1944, 1947a.

se almacenaban en bolsas húmedas, la tasa de supervivencia fue del 90% después de 25 días y 28% después de 45 días. Las pseudoestacas demasiado grandes se pueden rajar a la mitad sin gran pérdida, pero si se rajan en cuatro, se reduce la supervivencia (Venkataramany 1960a).

Para grandes proyectos, esta técnica presenta tantas ventajas que probablemente se usará con un mayor número de especies tropicales en el futuro. Se ha usado extensamente con *G. arborea* y a gran escala en Brasil (Woessner 1980a). Las pseudoestacas de *G. arborea* usadas fueron de 4 a 6 meses de edad y de 2 cm de diámetro en el cuello de la raíz; la altura fue de 4 cm del cuello de la raíz y con una raíz principal de casi 10 cm de largo. En la India, las pseudoestacas se han usado bajo condiciones secas con *Albizia lebbek*, *Bauhinia* spp., y *D. sissoo* (Singh 1951). Un estudio en Costa de Marfil sobre el sistema radicular de varias especies indicó que el establecimiento por pseudoestaca puede ser exitoso con *Tarrieta utilis*, *Terminalia ivorensis* y *Entandrophragma utile*, esta última bajo condiciones favorables (Bonnet-Masimbert 1972). *Triplochiton scleroxylon* resultó inadecuado debido a que necesita su sistema entero de raíces frágiles para sobrevivir. No se recomiendan pseudoestacas para repoblación bajo cubierta, debido a que en estas condiciones se necesita un crecimiento en altura máximo y rápido (Lamb 1969a).

En el otro extremo se ubican los plantones deshojados, material de vivero de 2 a 3 m de altura, al cual se le eliminan la mayoría o todas las hojas y el resto queda intacto. Estos se usan en zonas donde el daño causado por la fauna puede ser excesivo, donde hay riesgo de enfermedades del tallo, o en repoblaciones bajo cubierta donde se quiere minimizar la corta de malezas (Parry 1956). Se han usado plantones deshojados de *Gmelina* y de *Meliaceae*, principalmente en África, pero también de *Swietenia* en Centroamérica. Su utilidad depende casi enteramente de las condiciones locales. Los gastos extras de una estadía prolongada en el vivero y de plantado se pueden recuperar con el rápido arranque de estos plantones.

Material en envases. El uso de envases para preparar el material de plantación forestal han sido mucho más común en los trópicos que en la zona templada. Las razones principales son la ausencia de un período de dormancia durante el cual el trauma del trasplante sería menor y el hecho que se debe promover la rápida

dominación de los árboles plantados sobre la vegetación competidora, particularmente en el caso de la repoblación bajo dosel (Lamb 1969a). Se ha echado la culpa de muchos de los fracasos de plantaciones tropicales al daño sufrido por el material a raíz desnuda (Touzet 1972). Los envases ofrecen otros beneficios bajo circunstancias especiales, tales como la necesidad de tener que mantener las existencias cerca del sitio de plantación final.

Experimentos en Puerto Rico compararon la producción y desempeño de las existencias de *P. caribaea* en bolsas de polietileno, con pan de tierra y colocadas en bolsas el día antes del plantado, y a raíz desnuda (Briscoe 1962). Los materiales embolsados requerían más espacio, más equipo y más mano de obra que las existencias a raíz desnuda, pero por otro lado, mostraron una alta tasa de supervivencia y un crecimiento inicial más rápido.

El uso de envases implica mayores inversiones: el medio de enraizado se va junto con la planta, por lo que se debe conseguir continuamente; su mayor peso y bulto complican el transporte; los envases generalmente son costosos y desechables, y por lo general se llenan a mano; los hoyos para el plantado deben ser grandes y comúnmente no se usan máquinas para plantar existencias envasadas.

Se han empleado envases de bambú, latas usadas, papel alquitranado, tubos de papel usado, cajas de leche, cajas de papel encerado especialmente fabricadas, bolsas perforadas de polietileno y tubos plásticos rígidos (Fig. 6-3). El envase más usado en los trópicos es la bolsa de polietileno de 6 cm de ancho por 12 cm de alto.

Para los arenales severamente arrasados por el viento en Madras, India, los plantones de *Prosopis juliflora* se produjeron en envases de 7 cm de ancho y 15 cm de alto para evitar tener que irrigarlos después del plantado (Rao 1951). *Casuarina equisetifolia* también se ha envasado en Orissa, India, para sitios extremadamente secos y arenosos, donde aún con existencias envasadas y una irrigación semanal durante dos años, la mortalidad puede ser hasta del 50% (Sharma 1951).

El crecimiento inicial rápido de *G. arborea*, envasada en sitios de baja precipitación de lo que hoy es Malawi, reemplazó el uso de pseudoestacas (McEwan 1961). Los ensayos en Tanzania (Wood 1966) con *P. caribaea*

demonstraron que las plantas envasadas tenían tasas de supervivencia significativamente más altas que las existencias a raíz desnuda. No hubo diferencia en la supervivencia entre tubos de 10 y 15 cm, pero después de un año, los árboles en los tubos más grandes fueron significativamente más altos: 1,1 y 1,4 m, respectivamente. En Cuba, se obtuvieron los mismos resultados (Acosta *et al.* 1975). En un sitio, los árboles de existencias envasadas a los 19,5 meses tuvieron una altura promedio de 88 cm, en comparación con 59 cm a raíz desnuda. A pesar del mayor crecimiento en altura, sin embargo, no se determinó cuál de las prácticas rindió el mayor beneficio en términos de la inversión efectuada. En Venezuela, algunas de las plantaciones extensas de pinos en la cuenca inferior del Orinoco se habían establecido con cilindros abiertos de papel alquitranado de 6 cm de diámetro (Lama Gutiérrez 1976).

La plantación de *Eucalyptus* en América tropical generalmente se hace en envases. Ensayos de siete especies en Vicos, Brasil, demostraron que la tasa de supervivencia de plantones a raíz desnuda nunca fue mayor del 29% (Brandt y de Barros 1970).

Las bolsas suaves de plástico son difíciles de llenar rápida y económicamente. Se han desarrollado dispositivos para llenarlas en Brasil, Venezuela y Puerto Rico, entre otros. Los dispositivos más simples son embudos de metal de las dimensiones apropiadas. Como se llenan a mano, este proceso toma mucho tiempo, y donde la mano de obra es cara o escasa, el costo puede ser prohibitivo. Un buen llenador de bolsas mecánico se ha usado en Australia (Evans y Duyker 1965). El proceso requiere tierra completamente pulverizada y seca.

El sembrado directo de semillas en bolsas es mucho menos caro que el trasplantado. En Papúa - Nueva Guinea, el sembrado directo de *P. caribaea* redujo el tiempo de crecimiento en vivero en un 28% y el costo de los plantones en un 93%, con una ventaja en la altura promedio del 42% (Howcraft 1973). Una técnica de flotación en alcohol se usó para eliminar las semillas no viables; se sembraron dos semillas por bolsa.

Los problemas del llenado de bolsas, junto con el costo de llevar grandes volúmenes de tierra al vivero y el transporte al campo, han hecho que se prefieran los envases rígidos, desechables o reutilizables. Durante mucho tiempo en Argentina, Venezuela y otras partes se

han usado envases sin fondo de papel alquitranado que se pueden llenar con rapidez. Estos envases se paran derechos, se colocan uno al lado del otro entre las paredes laterales de la cama de vivero y se llenan colectiva y rápidamente con una pala.

En Florida y Hawai se están usando tubos rígidos de plástico de no más de 3 cm de ancho y 15 cm de largo, con un fondo cónico perforado. Típicamente, se usa un producto artificial para el relleno, como vermiculita o perlita; así, no se tiene que transportar toneladas de tierra de relleno todos los años. Los tubos se pueden colocar en marcos ligeros para ser transportados con facilidad; pero como son reutilizables, se pueden sacar y guardar en el vivero, y transportar el material de plantación envuelto en tela de yute, si el relleno está bien adherido.

Debido a que la desecación mata muchos plantones recién plantados, se han ensayado con sustancias químicas que evitan la transpiración. Sin embargo, en Hawai, un ensayo de *E. saligna* que utilizó una solución de captan-malathion comparó la inmersión con el rociado y no mostró superioridad de ninguno, en términos de supervivencia o tasa de crecimiento después de un año en el campo (Walters 1971).

Insectos y enfermedades

La recolección, almacenamiento y producción de materiales de propagación de árboles del bosque tropical no están libres de problemas de insectos y enfermedades. Estos problemas, generalmente son locales y sujetos a cambios rápidos. Algunos de los problemas encontrados se describen aquí, pero no se hace una revisión exhaustiva de la conducta de las plagas ni de las recomendaciones para su tratamiento. Se refiere al lector a los informes especializados sobre entomología y patología forestal para información más completa, algunos de los cuales se citan en la bibliografía. No existen referencias completas sobre los insectos del bosque tropical.

Una categoría importante de problemas de vivero son las llamadas "enfermedades de deficiencia", donde las existencias tienen muy poco (o demasiado) de algún componente abiótico esencial para su ambiente, tal como humedad o nutrientes. En la actualidad se encuentra excelente información sobre estos problemas en relación con cultivos agrícolas, árboles frutales y ornamentales. Esta información es útil para diagnosticar y corregir problemas similares que afectan a los árboles



Fig. 6-3.— En algunos viveros se ha comprobado la utilidad de los envases plásticos reciclables.

forestales y a las plántulas en vivero. También se debe consultar a especialistas en entomología y patología de las plantas.

La mayoría de las plagas de insectos y hongos eligen a su hospedero. Los árboles que crecen fuera de su hábitat natural podrían librarse de las plagas que atacan en su ambiente nativo, pero se tornan susceptibles a nuevas plagas. Para reducir el peligro de ataques de plagas o de contagio se debe asegurar que los árboles jóvenes introducidos permanezcan sanos (Chapman y Allan 1978). El control puede ser silvícola, biológico, mecánico o químico.

Las medidas silvícolas incluyen el control mediante el espaciamiento de los árboles y el uso de plantaciones mixtas. El control biológico involucra una coacción entre dos o más organismos que favorecen al cultivo deseado. El control mecánico generalmente requiere que se quite el material infestado, incluyendo a los huéspedes alternativos. El control químico se basa en insecticidas y fungicidas (Chapman y Allan 1978).

En los trópicos, la necesidad de reducir o eliminar a los organismos indeseables de la tierra usada para la propagación del árbol es casi universal. La producción repetida tiende a atraer estos problemas. Una práctica intensiva en los viveros es exponer la tierra bien suelta a bromuro de metilo, un gas muy tóxico (y peligroso). Esta sustancia se ha utilizado durante décadas en la propagación del *Eucalyptus*. Las propiedades excelentes del bromuro de metilo como desinfectante incluye el

hecho de que no mata a todos los organismos del suelo, como se demostró en 1954 (Guimaraes *et al.* 1954). Este compuesto se ha usado ampliamente en Brasil desde entonces. Su uso se convirtió en la práctica estándar para la producción de *Eucalyptus* en África del Sur (Knuffel 1967), donde aumentó la cantidad de plantas en un 50%.

Los problemas de insectos pueden también ser reducidos significativamente si se trata con insecticidas la tierra del vivero. Esta es una práctica estándar con *E. tereticornis* en la India (Lohani 1978). Idealmente, el tratamiento se aplica en pequeña escala para minimizar sorpresas antes de emprender operaciones en gran escala.

La ubicación aislada de muchos viveros en el trópico hace que los problemas comunes de insectos y enfermedades se deban manejar con sentido común. Un ejemplo se produjo en un vivero de *Cedrela odorata* y *S. macrophylla* en Fidji (Anón. 1954d). Un escarabajo escolitido desconocido atacó a los plantones de ambas especies barrenando el tallo cerca del cuello de la raíz y depositando sus huevos. Los plantones infestados se arrancaron rápidamente y se quemaron, con lo que el problema se controló. Tales situaciones requieren soluciones similares debido a la falta de precedentes o acceso a especialistas. Las prácticas de sentido común deben continuar, pero debido a que generalmente no se identifican las causas ni se aplica una solución científica, los problemas más serios o frecuentes tarde o temprano han de requerir una investigación cuidadosa. Los controles biológicos en muchos casos constituyen objetivos de investigación que todavía no se han alcanzado.

Técnicas de plantación

Las técnicas de plantación en los trópicos varían tanto que no hay una práctica de aplicación universal. Los manuales sólo sirven como guías que deben ser modificadas para adaptarse a las necesidades de cada situación. Se han publicado varios compendios de experiencias de plantación en los trópicos que son útiles para la selección de prácticas. Un ejemplo excelente (Chapman y Allan 1978) trata en detalle la planificación de la plantación, preparación del sitio, siembra directa, plantado y prácticas de manejo, técnicas especiales para la conservación del suelo y agua, irrigación, dunas, sitios muy húmedos o anegados, sitios afectados por la minería y la protección de las plantaciones contra el clima, insectos, hongos e incendios.

La importancia de la preparación del sitio, cuando se planta un árbol fuera de su ámbito natural, se muestra con las experiencias en Kenia (Schonau 1975). Allí, las técnicas de establecimiento influyeron en la tasa de crecimiento inicial de *E. grandis* más que la calidad del sitio. Donde la precipitación es un factor limitante, es posible que se necesite una preparación completa del sitio, incluso arado, barbecho y rastrillado. El crecimiento superior en sitios preparados de ese modo también fue aparente a los siete años. El uso de fertilizantes, particularmente P, puede rendir una rentabilidad financiera de 25% anual. La necesidad principal es por P, pero la demanda por N aumenta si el sitio no ha sido bien preparado.

Época de plantado. Casi todos los sitios en el neotrópico están sujetos a variaciones estacionales de la precipitación. La precipitación inmediatamente antes y después del plantado es crítica para la supervivencia de la mayoría de las especies arbóreas. El plantado debe comenzar al comienzo de la estación de lluvias, cuando se espera que la duración de la humedad adecuada en el suelo sea máxima. La teca plantada en la India a inicios de la estación de lluvias invariablemente tiene un mejor comportamiento que si se la planta más tarde (Laurie 1941g). La preparación del suelo y la excavación de hoyos se puede hacer meses antes para acortar el período de plantación (Lohani 1978). En África occidental, los árboles se han plantado generalmente seis meses antes de la estación de sequía (Groulez 1961a). *E. deglupta*, una especie que necesita una humedad casi constante, no debe plantarse a menos de un mes del inicio de una estación seca normal (Dalton y Davison 1974).

En Puerto Rico, el momento ideal para plantar son los meses que tienen un promedio de al menos 15 cm de precipitación, precedidos y seguidos por meses con promedios de precipitación de al menos 10 cm (Marrero y Wadsworth 1958). En la India, en sitios donde la precipitación es menos de 100 cm anualmente, el sembrado directo de *A. lebbek*, *Azadirachta indica* y *Cassia fistula* se puede efectuar cada mes (Laurie 1941b). Las semillas persisten en el suelo hasta que empiezan las lluvias imprevistas.

Preparación de sitio. La preparación del sitio generalmente es crítica para el éxito de la plantación. Si bien puede facilitar el trabajo de plantar, su propósito principal es dar a los árboles plantados un impulso

inicial sobre la vegetación natural y de ese modo minimizar la eliminación de malezas.

Las consideraciones generales sobre la preparación del sitio se han descrito muy bien en Chapman y Allan (1978). Donde la cobertura vegetativa puede prevenir el establecimiento exitoso de una plantación se deben desarrollar métodos para eliminar o reducir la competencia. La preparación del sitio a menudo abarca una buena proporción de los costos totales de establecimiento; por consiguiente, se necesitan métodos eficientes y económicos que eviten los cambios ecológicos indeseables. Bajo circunstancias favorables, no se tendría que eliminar mucha vegetación y el suelo puede permanecer sin perturbar. En el otro extremo, están los bosques pluviales con una fuerte vegetación residual y suelos frágiles.

Los costos de preparación del sitio son un obstáculo principal para plantar en zonas no forestadas. Aún en las praderas de la cuenca inferior del Orinoco en Venezuela, la preparación del sitio constituye más de un cuarto del costo de establecimiento de la plantación (Gutiérrez 1970).

La preparación del terreno es un proceso de dos etapas: la eliminación de la vegetación competitiva y la preparación del suelo. La agricultura migratoria ha reducido la vegetación competitiva en muchos sitios. Los árboles restantes se pueden talar, o si son grandes, anillar o envenenar. En zonas secas es esencial prevenir el consumo del agua escasa, por parte de la vegetación competitiva (Cooling 1960). En un ensayo en terrenos boscosos de miombo en Zambia, la eliminación completa de malezas resultó en una tasa de supervivencia del 95% para una plantación de 14 meses, en comparación con menos de 30% en lugares donde sólo se hicieron limpiezas parciales (Endean y Jones 1972).

Gran parte de los terrenos que deben ser reforestados en los trópicos no son aptos para la preparación mecanizada del sitio debido a que son empinados o irregulares. El costo de entrenar al personal, mantener el equipo e inventarios de repuestos y combustibles en lugares remotos puede exceder las expectativas. Aún donde las técnicas mecanizadas son factibles o menos costosas que los métodos manuales, el beneficio social del empleo que el método manual puede proporcionar, se debe considerar muy cuidadosamente antes de pensar en la preparación mecanizada.

La preparación del sitio puede ser innecesaria en laderas susceptibles a la erosión, dunas activas y campos de cultivo recientemente abandonados. Cuanto menos se perturbe el suelo en tales zonas tanto mejor. La poca limpieza de malezas que pueda necesitarse, se puede hacer fácilmente de forma manual.

En muchos sitios (como Trinidad) se han contratado campesinos migratorios para preparar los sitios de plantaciones forestales y para compartir inicialmente el terreno con cultivos alimenticios, el sistema taungya (Lackhan 1976). Este sistema sigue siendo una manera práctica de convertir a los bosques talados en plantaciones madereras, donde el control público de terrenos forestales es adecuado. En Monte Dourado, Brasil, donde los bosques habían sido talados y quemados recientemente, se empleó a campesinos migratorios para producir cultivos alimenticios y, de paso, mantener libres de malezas a los árboles plantados. La preparación del sitio mediante este método a menudo deja grandes árboles remanentes en pie que luego deben ser talados con cierto daño a la plantación.

Donde el sistema taungya no es práctico, la eliminación de los matorrales, bosques secundarios bajos o bosques recientemente talados, generalmente se hace a mano, con machetes, hachas y sierras de cadena. La tala manual de bosques altos para establecer plantaciones es poco práctica. En Monte Dorado, Brasil, hasta un 80% del volumen de bosques altos talados se usa para madera de aserrío y pulpa; el resto se usa como leña en el procesamiento de la pulpa y para generar electricidad (Woessner 1980a). En la preparación del sitio sólo se tienen que quemar las ramas, lo cual es un material adecuado para hacer una quema limpia y plantar sobre las cenizas de inmediato.

El uso del fuego en la preparación final del sitio es común en los trópicos. Donde hay grandes cantidades de desechos que cubren el suelo y no es práctico amontonarlos con implementos mecanizados, la quema es la única manera de facilitar el acceso a los plantadores. Donde la quema no es necesaria se la debe evitar, particularmente en laderas, porque la quema libera nutrientes (Fig. 6-4). El N de la biomasa se pierde, y los nutrientes que permanecen en las cenizas pueden perderse por erosión. Por otro lado, si se permite que los desechos se desintegren en el sitio, los nutrientes se liberan a una tasa aproximadamente igual de rápida como la absorción por el nuevo cultivo.

Un método menos drástico de convertir a los bosques secundarios en plantaciones en los trópicos es efectuar aclareos en franjas y repoblaciones bajo cubierta, una práctica usada extensamente en África, pero todavía muy raramente en América (Capítulo 5). Se supuso que si las franjas eran tan anchas como los diámetros de las copas de los árboles maduros, la tarea de preparación del sitio se reduciría; que las especies que requerían una sombra parcial inicial tendrían un ambiente similar al natural; y que la mayor parte del bosque nativo no se debía talar porque los árboles plantados pronto lo dominarían. Si bien la técnica tuvo buenos resultados, no ha sido tan simple o efectiva como se esperaba. La sombra que se dejó inicialmente fue demasiado densa; las especies plantadas presentaron tasas de crecimiento de lentas a intermedias que han requerido muchos años de prácticas de manejo, incluso cortas de liberación. Un enfoque posterior se centró en el uso de especies intolerantes de crecimiento rápido que requerían la eliminación del estrato superior (Lamb 1960). Por consiguiente, la preparación del sitio, aunque las franjas inicialmente eran de 1,8 m de ancho, fue sólo ligeramente más barato que en plantaciones convencionales.

Preparación mecanizada del sitio. Se pueden usar métodos manuales o mecánicos para la preparación del sitio. En los grandes proyectos de plantaciones en Brasil, la preparación del sitio ha sido generalmente mecanizada (Simoes *et al.* 1976). Cualquier proyecto de



Fig. 6-4.—Preparación del sitio mediante quemas extensas tres meses después de talar el bosque primario, una práctica antes usada en Jari, Brasil.

plantación a gran escala debe comparar las ventajas relativas, sociales y económicas, de ambos métodos antes de decidirse por uno (Chapman y Allan 1978).

En terrenos llanos y laderas de hasta 30%, libres de irregularidades u obstrucciones (los mejores sitios disponibles), se pueden usar máquinas para derribar árboles, arrastrar desechos, arar y preparar el suelo para plantar los árboles. Cuando la mano de obra es escasa o cuando la temporada de plantado es corta, el método mecanizado puede ser la única alternativa práctica para la preparación del sitio. La mayor capacidad de las operaciones mecanizadas puede también proporcionar oportunidades de empleo no disponibles de otro modo.

Sin embargo, la eliminación mecanizada de la vegetación puede dañar el sitio. Un estudio en Surinam reveló que las máquinas tenían un serio impacto en las propiedades físicas y químicas del suelo (van der Weert 1974). El equipo pesado puede tener un efecto perjudicial sobre la estructura del suelo y remover la capa superficial. La compactación es mayor cuando el suelo está húmedo, por eso el aclarado debe hacerse durante la estación seca. Para minimizar el paso repetido de la maquinaria sobre el terreno, las franjas de desechos se deben espaciar a más o menos el doble de la distancia entre las hileras de plantación.

Las máquinas se usan comúnmente para la preparación del sitio en zonas relativamente llanas de los bosques cerrados en Brasil (Brandi *et al.* 1971). Los árboles pequeños se pueden desarraigar con cadenas arrastradas entre dos tractores. El suelo comúnmente se ara y grada con un escarificador de discos, no sólo para el control de las malezas, sino también para conservar el agua del suelo para los árboles. El control de las hormigas defoliadoras con pesticidas forma parte integral de la preparación del sitio en Brasil. El arado y discado en los altiplanos de Colombia produjo un crecimiento más rápido de *E. grandis*, *P. kesiya*, *P. oocarpa* y *P. patula*, durante los primeros cinco años (Cannon 1980; Ladrach 1978a, 1978b).

En los trópicos, las operaciones para la preparación del sitio que usan equipos mecanizados, incluyen las siguientes:

Tala — La tala generalmente se efectúa durante la estación lluviosa. En los bosques altos o secundarios, se tala con sierras de cadena o con cuchillas montadas en tractores oruga. Donde los árboles son pequeños se

extraen con cadenas entre dos tractores. Cuando se trata de matorrales ligeros, se pueden usar tractores oruga que arrastran cuchillas rotativas por detrás.

Franjas de desechos —Estas normalmente se hacen poco después de terminada la estación lluviosa. Por lo general, se usan tractores o explanadoras con rastrillo frontal. La remoción completa de los tocones es necesaria si la plantación luego ha de necesitar prácticas de cultivo mecanizadas. Los grandes tocones que no se pueden desarraigar se rodean de desechos y se queman.

Quema — La quema se hace antes de finalizar la estación seca. Las fajas cortafuegos de la periferia se limpian con explanadoras; debe haber trabajadores que supervisen la quema para consolidar todo material que no se quema completamente. Se deben tener equipos capacitados y disponibles para controlar incendios.

Cultivo — Las plantas se deben sembrar inmediatamente después de la quema. El suelo se ara sólo donde la cubierta vegetativa pesada o el clima seco impiden el desarrollo exitoso de la plantación; para ello se usan tractores con arados pesados y escarificadores de discos.

Uso de herbicidas. El uso de sustancias químicas involucra peligros, tanto para los que las aplican como para el ambiente natural. Es necesario permanecer informados de las evaluaciones rápidamente cambiantes sobre pesticidas específicos, para evitar el uso de alguno innecesariamente dañino al ambiente. La seguridad de los trabajadores expuestos a estos agentes es de igual magnitud. El uso de herbicidas requiere ciertas precauciones importantes. Las instrucciones de seguridad del fabricante se deben seguir al pie de la letra. Muchos herbicidas son irritantes o tóxicos para los mamíferos y pueden ser absorbidos por los pasajes de la nariz o por la piel. Donde se usan rociados, se deben poner vestimentas de protección, incluso guantes y máscaras faciales. Otros peligros surgen después de la aplicación de los herbicidas; los persistentes o que se descomponen en otras sustancias químicas peligrosas o poco conocidas, deben mantenerse lejos de las corrientes de agua. Esto requiere aplicaciones mínimas, inyectadas en los árboles y no aplicadas en la superficie terrestre; además, se debe evitar su uso en días de lluvia.

Las sustancias químicas que matan a las plantas son útiles en la preparación del sitio para el plantado, bajo

ciertas condiciones. Debido a que pueden eliminar sin desarraigo pastos, malezas y plantas leñosas, los herbicidas pueden ser superiores a los métodos mecánicos, cuando se requiere limpiar un terreno. En sitios donde hay sólo pastos o malezas, el tratamiento con herbicidas es adecuado. Cuando quedan tocones, los herbicidas se pueden aplicar para impedir que rebroten. Algunos herbicidas matan a la vegetación apenas se ponen en contacto con ella; otros deben penetrar antes de tornarse efectivos; otros matan las semillas en el suelo. Los herbicidas son más efectivos cuando se usan con buen tiempo.

A continuación se mencionan algunos herbicidas de utilidad comprobada en la preparación del sitio. La denominación por marca registrada es para efectos de claridad y no significa que se apoya su uso más que el de cualquier otra sustancia equivalente.

1. Contra pastos:

- a. Dalapon, herbicida que transmiga y que afecta sólo a las monocotiledóneas. No se sabe si pone en peligro la vida acuática.
- b. Paraquat, herbicida que transmiga y tiene una acción extremadamente rápida contra los pastos y las especies de raíces fibrosas o estoloníferas. Causa defoliación, pero raramente mata a las especies leñosas.

2. Contra malezas herbáceas de hoja ancha:

- 2,4-D (ácido diclorohenoxiacético), herbicida que transmiga y se aplica como rocío foliar.

3. Contra especies leñosas:

- a. Picloram, herbicida que transmiga, extremadamente efectivo contra plantas leñosas y particularmente útil en prevenir el crecimiento de los retoños. La mayoría de los pastos lo toleran.
- b. Sulfamato de amonio, una sustancia química soluble y cristalina que se aplica a los tocones para evitar que rebroten.

4. Contra las semillas en el suelo:

Atrazine, un esterilizador efectivo del suelo. Se lo puede aplicar a la vegetación baja manualmente o mediante rociadores o nebulizadores portátiles motorizados. Los

árboles se pueden tratar usando un rociado basal (un mero mojado de la corteza alrededor del tallo y de anillamientos); también se puede inyectar. Los inyectoras, desafortunadamente, se deterioran rápidamente en climas muy húmedos y con el uso de herbicidas corrosivos.

Una combinación de métodos tradicionales para la eliminación de la vegetación y arboricidas químicos es efectiva donde se deben eliminar matorrales bajos, densos y leñosos. El control de un matorral introducido, leguminoso, llamado marabu (*Dichrostachys glomerata*) en Cuba no fue posible con métodos mecanizados, pero sí con el rociado de herbicidas, al comienzo de la estación seca y otra vez durante la estación lluviosa (Kudela 1978).

Consideraciones especiales para la preparación del sitio. En suelos susceptibles a una seria erosión debido a la textura, pendiente o intensidad de la lluvia, lo más apropiado es una preparación menos completa del sitio. Es particularmente deseable mantener la cobertura vegetal que protege esos sitios, hasta un punto compatible con el establecimiento de la plantación. Así, los pastos naturales, la cubierta herbácea o los matorrales bajos y leñosos pueden mantenerse en hileras de contorno. Los sitios también se deben proteger contra el daño causado por incendios, pastoreo y cultivos.

Extensas zonas en el neotrópico que no son apropiadas para la agricultura, tienen pobre drenaje y una baja producción maderera también. Al menos algunas de estas zonas, y posiblemente todos los manglares, tienen valores significativos para la conservación del agua y del hábitat silvestre, lo que podría impedir su uso para la producción de madera.

En climas secos, el uso de estructuras en contorno para atrapar el agua de lluvia es muy común en los trópicos orientales y amerita mayores ensayos en América. Zanjales con barreras cruzadas pueden ser efectivas en tales climas; ya en México han sido ensayados. La tasa de supervivencia de *Chilopsis linearis* se acrecentó en Coahuila del 20 al 100% mediante el uso de estas zanjales (Zapien Barrogán *et al.* 1978). Las salidas del agua se deben planear cuidadosamente, porque la concentración del flujo en una sola abertura puede causar daño a toda la ladera. Bajo condiciones extremas, se ponen tablillas anchas de 30 cm de largo en el suelo cerca la base de árboles recién plantados,

perpendicularmente a las lluvias prevalecientes, para dirigir una mayor cantidad de agua de lluvia hacia los árboles.

La fijación de dunas es un caso especial. Las partículas de arena inestables y finas pueden volar a grandes velocidades sobre la superficie del terreno, presentando un ambiente particularmente adverso para el establecimiento de una cobertura vegetativa. La naturaleza del sustrato de estos sitios también es adversa, ya que la retención de humedad y los niveles de nutrientes son bajos. Cualquier vegetación natural presente es deseable y se debe dejar. Donde el movimiento de la arena es mayor, se pueden usar barreras de madera u otro material para contrarrestar el movimiento y estabilizar el nivel de la superficie. Quizás sea necesario aumentar la altura de las barreras gradualmente a medida que se cubren, seguido por el plantado de matorrales o árboles. En estos sitios se prefieren especies como *Acacia* y *Pinus*, que tienen copas densas muy cerca del suelo. *Casuarina* resultó exitosa cerca de Veracruz, México. Es esencial proteger por completo las dunas expuestas contra el pastoreo y la quema.

En gran parte de América tropical, el tratamiento químico contra las hormigas defoliadoras también es esencial para el éxito de una plantación. En las plantaciones de *Eucalyptus* de Minas Gerais, Brasil, las hormigas pueden reducir las tasas de supervivencia hasta en un 15% (Simoës *et al.* 1976). El tratamiento se debe extender a las colonias principales, a cierta distancia del área plantada.

Una vez muerta, a menudo es necesario sacar la vegetación para preparar al sitio antes de plantar. El método más común ha sido la quema. Hace muchos años en la India, se reconoció que las quemaduras ligeras no destruyen necesariamente los componentes orgánicos del suelo (Griffith 1946). La quema también reduce la acidez de la capa superficial del suelo y libera cantidades significativas de nitratos. De hecho, la quema sola aumentó significativamente el crecimiento inicial en altura de los árboles plantados, aún hasta el segundo año de vida. La quema ha sido la práctica tradicional asociada con la preparación del sitio para plantaciones de *Eucalyptus* en la India (Lohani 1978).

La quema general después de la cosecha de los terrenos boscosos de miombo en lo que hoy es Zambia favorece a los pastos agresivos (Cooling 1962a). Para la

preparación del sitio, se ha comprobado que es mejor desarraigar los grandes árboles con tractores, excavar los pequeños y dejar que los carboneros limpien el resto. El terreno luego se ara y grada con escarificadores de disco al final de la estación lluviosa, y se deja en barbecho durante la estación de sequía, para evitar que la humedad del suelo desaparezca.

Un estudio sobre la quema como método de preparación del sitio ofrece información de interés (Anón. 1949a). La quema destruye los ácidos orgánicos y libera las bases, tendiendo a neutralizar los suelos ácidos, lo que mejora las condiciones para el crecimiento de las plantas. La quema se ha visto como una práctica que favorece a las bacterias en vez de los hongos, cambiando el equilibrio de nutrientes disponibles para las plantas. La quema también aumenta la cantidad de nutrientes minerales solubles en el suelo durante un largo período después de efectuada. Sin embargo, la quema puede destruir algunas materias orgánicas de la capa superficial y puede destruir todas las semillas de la superficie. Los nutrientes liberados tienden a concentrarse en las cenizas, así que la regeneración quizás sea mejor donde se concentran las cenizas. Uno de los beneficios de la quema quizás sea que reemplaza el Ca de las cenizas.

Los efectos adversos de la quema pueden reflejarse en el comportamiento de los cultivos. En Papúa – Nueva Guinea, la quema de los bosques húmedos después de la extracción, deprimió el crecimiento inicial en altura de una plantación de *E. deglupta* (Lamb 1976). Los árboles plantados en zonas sin quemar tenían alturas superiores en 2,6 m a los nueve meses y 2,9 m a los 15 meses; las diferencias fueron significativas al nivel del 5%. Las concentraciones de nutrientes en las hojas, incluyendo manganeso (Mn) y boro (B) pero excluyendo P y K, fueron 24% superiores en la zona sin quemar; las diferencias fueron muy significativas. El fósforo y el K fueron significativamente menores (a nivel del 5%). El crecimiento inferior en las zonas quemadas se atribuyó a la pérdida del N con la quema, mientras que la recuperación subsiguiente del N fue muy gradual.

Una vez tratada la vegetación, el suelo también se puede preparar con el propósito de conservar la humedad, eliminar los competidores y mejorar la textura, para que penetren las raíces. Para plantar en zonas de sabana en el norte de Nigeria en terrenos devastados por las minas de estaño, se usaron arados del subsuelo para desmenuzar la tierra de la superficie,

lo que fue importante para el éxito de *E. camaldulensis* (Wimbush 1963). El suelo se escarificó con discos para controlar las malezas. Los tractores y los arados del subsuelo se usaron también para plantaciones de *P. patula* en las praderas montañosas de Madagascar (Vignal 1956). El discado de las plantaciones de *P. elliottii* en el sureste de EE.UU. duplicó la superficie de las raíces, alcanzando profundidades de 30 a 45 cm en el suelo durante un período de 4 a 6 meses, en comparación con sitios donde no se había discado (Schultz 1972).

El uso de maquinaria en la preparación del suelo es ventajoso sólo si el terreno es bueno y la plantación es de gran extensión (Letourneux 1960). La tecnología usada se debe justificar no sólo en términos financieros sino también sociales, a la luz del equilibrio comercial y las necesidades del empleo. También se debe reconocer, sin embargo, que en muchos sitios el tratamiento del suelo intensivo puede aumentar la productividad en buena medida. En el cerrado de Brasil, la tala del matorral con cuchilla rotativa pesada resultó en plantaciones de *E. saligna* que tuvieron un crecimiento inicial en altura un 50% superior al de los sitios donde sólo se había arado y rastrillado (Mello y Rodríguez 1966). Aún las repoblaciones bajo cubierta respondieron significativamente a una buena preparación del suelo (Danso 1966).

En zonas secas, la preparación del suelo se puede hacer principalmente para reducir la pérdida de agua por escurrimiento y evaporación. En regiones de la India, donde la precipitación anual es de menos de 100 cm, los suelos se pueden trabajar a una profundidad de 15 cm a lo largo de las hileras del plantado y se pueden construir lomas o camellones de rocas para controlar la erosión (Laurie 1941a). Se excavaron fosos de 4 a 6 m de largo, 60 cm de ancho y 45 cm de profundidad en suelos rojizos y la tierra se amontonó formando montículos (Muthanna 1941). Las semillas luego se sembraban sobre ellos. En un ensayo de *A. arabica*, el uso de bancales alrededor del árbol casi duplicó el crecimiento inicial en altura (Ahmad 1957). En otras partes los fosos se rellenaban con tierra suelta donde se sembraba después (Singh 1951). En zonas estériles donde se plantó *Anacardium occidentale*, se excavaron hoyos de 50 cm x 50 cm, y se dejó el suelo expuesto durante un mes, luego se devolvió al hoyo y se plantó (Iyppu 1957). En la India, desde hace mucho tiempo, se efectúa la limpieza completa de los terrenos y un arado

profundo para evitar la pérdida de agua (Shetty 1973). En los cerrados del Brasil, por la misma razón, se hace una preparación completa del suelo, incluyendo el discado (Ayling y Martins 1981, Simoes *et al.* 1976). En la India, donde la precipitación anual es menos de 50 cm, el cultivo tipo taungya puede comenzar hasta tres años antes de plantar los árboles (Sweet 1946).

Bajo condiciones extremadamente secas se pueden excavar hoyos bastante tiempo antes de plantar, para aprovechar los períodos cortos de humedad. En la India, se han excavado zanjas de 30 a 40 cm de profundidad antes de la estación lluviosa, ya sea en contorno o a 3 m de separación entre una y otra (Sahai 1945). Luego se sembraron semillas de *Acacia*, *Dalbergia* o *Prosopis*, y se reemplazó con tierra suelta al comienzo de las lluvias (Krishnaswamy 1960).

Espaciamiento entre árboles plantados.

El espaciamiento de los árboles afecta los costos de plantado, la necesidad de tratamientos silvícolas posteriores y los rendimientos. Chapman y Allan (1978) enumeraron los factores que influyen en la elección del espaciamiento en plantaciones tropicales:

- Tasa de crecimiento (cuanto más cerrado el espaciamiento tanto más lenta la tasa de crecimiento).
- Forma del árbol, forma de la copa y grado de poda natural.
- Incidencia de malezas y necesidad de desmalezado mecanizado, sombra lateral por crecimiento natural y limpieza en cultivos taungya.
- Profundidad posible de las raíces (un mayor espaciamiento se necesita cuando las raíces son superficiales).
- Mercadeo de los raleos iniciales y dap final.
- Costos del manejo y de la inversión.

Evans (1992) enumeró algunos de los efectos (buenos y malos) del espaciamiento amplio: preparación del suelo más barata, menos árboles que plantar, mayores tasas de supervivencia, mejores condiciones de plantación y manejo mecanizado, manejo menos intensivo, mayor período de exposición a incendios antes que se cierre el

dosel, ramas más gruesas y persistentes que podar, menor necesidad de raleos precomerciales, menor cantidad de árboles que cosechar por unidad de volumen.

Para el plantado en el campo, el espaciamiento más comúnmente usado variaba de 1,8 m x 1,8 m a 2,5 m x 2,5 m, pero había muchas excepciones. En una zona de Madras, India, se usaron espaciamientos de 1 m x 1 m para la producción de leña de *Casuarina*; los rendimientos fueron de 200 a 250 t/ha de madera seca después de cuatro años (Kaul y Gurumurti 1981). Espaciamientos más cerrados (0,9 m x 0,9 m) se han usado con *Sesbania grandiflora* para rotaciones de leña de tres años. En sitios favorables, los árboles alcanzan una altura de 8 m y un dap promedio de 10 cm con rendimientos de peso seco de 40 t/ha/año (Bhat et al. 1971).

En el sur de Brasil, los espaciamientos de *Eucalyptus* para celulosa comúnmente son de 2,5 m x 2,5 m, o 2 m x 3 m; y los de *Pinus* para pulpa son de 2 m x 2 m y 2,0 m x 2,5 m para madera aserrada (Simoes et al. 1976). Para *P. caribaea* en Venezuela, un espaciamiento común ha sido 2,5 m x 2,7 m (Lama Gutiérrez 1976). Las plantaciones de *Cupressus lusitanica* en Costa Rica se espaciaron a 1,5 m x 1,5 m para fomentar la poda natural (Holdridge 1953).

En Monte Dourado, Brasil, *G. arborea* se ha espaciado a 3,5 m x 3,5 m y *P. caribaea* a 4,0 m x 2,5 m para garantizar el acceso a los árboles (Woessner 1980a). El espaciamiento para *Anacardium occidentale* en zonas estériles de la India puede ser tan amplio como 10 m x 10 m (Iyppu 1957).

Los estudios con *P. elliottii* en el sur de Queensland, Australia, durante 20 años, demostraron el gran valor del espaciamiento amplio para rotaciones largas, a pesar que el rendimiento es menor, lo que refleja la importancia del diámetro del árbol (Cuadro 6-7). *P. elliottii* para madera de aserrío en el sur de Brasil, establecido a 2,8 m x 2,8 m, sólo produjo muy pocos árboles bien formados para la selección final (Fishwick 1976). Además, la cantidad de árboles, cuyo crecimiento no presentó ningún defecto, aumentó con espaciamientos más cortos.

En lo que hoy es Sri Lanka, se efectuaron ensayos en plantaciones de *O. lagopus*, una especie que requiere

Cuadro 6-7.—Efectos del espaciamiento sobre *Pinus elliottii* en Queensland, Australia

Espaciamiento (m)	Productividad (m ³ /ha/año)		Valor relativo por año ^a (%)	
	A 12 años	A 20 años	A 12 años	A 20 años
2.1 x 2.1	13.7	19.5	41	92
3.0 x 3.0	11.1	16.3	39	100

Fuente: Anón. 1972b.

^aComo porcentaje del valor relativo del espaciamiento de 3.0m x 3.0m a los 20 años.

espaciamientos muy amplios, de hasta 3 m x 3 m y 4,6 m x 4,6 m; estos últimos tuvieron los mejores resultados (Parsons 1943, 1944). En la India, los espaciamientos para árboles de balsa variaban de sitio en sitio, desde 3,7 m x 3,7 m a 4,6 m x 4,6 m en sitios pobres, a 5,2 m x 5,2 m en sitios buenos (Nair 1953). En Papúa - Nueva Guinea, el espaciamiento inicial fue de 2,1 m x 2,1 m, pero el raleo al 1,5 años dejó un espaciamiento promedio de 3,9 m x 3,9 m (White y Cameron 1965).

Wardle (1967a) ha demostrado que en Inglaterra el espaciamiento de los árboles puede ser prescrito sobre una base económica con bastante certeza y que la variación de los espaciamientos de cerrados a amplios puede afectar el volumen total de producción en menos de un 10%. Allí, los espaciamientos de 2,4 m producían rendimientos de casi el 95% del máximo de ingresos netos descontados. Los espaciamientos más cerrados aumentaron el volumen pero disminuyeron marcadamente la rentabilidad monetaria. Wardle indica que la producción física, en el sentido exacto de la palabra, es generalmente sólo un objetivo en la decisión sobre el espaciamiento; otros pueden ser el valor en el momento de la cosecha, el valor neto descontado o el riesgo de pérdidas.

Comparaciones de cuatro especies de *Eucalyptus* cerca de Sao Paulo, Brasil, revelaron que un espaciamiento de 1,5 m x 3,0 m rendía una mayor cantidad de madera apilada (y corteza), para tablas de partículas a los cinco años, que un espaciamiento de 2 m x 3 m, pero que el promedio del diámetro era mucho más pequeño (Simoes et al. 1976). Para la fabricación de papel, los espaciamientos más amplios rindieron un mayor volumen de madera utilizable.

Evans (1992) concluyó que para plantaciones de campo, tres tipos de espaciamientos son deseables: 1) para leña de rendimiento máximo anual y sin restricción de tamaño pequeño, 1 m x 2 m; 2) para madera para pulpa con 10 a 40 cm de diámetro, 2 m x 3 m; 3) para madera de aserrío y contrachapados que requieren maderos de 30 cm o más de diámetro, de árboles seleccionados mediante raleos, de 2,5 cm a 4,5 cm.

Los efectos del espaciamiento demasiado cerrado de *L. leucocephala* son evidentes en un estudio efectuado en Taiwán (Wang *et al.* 1984). Se usó el "tipo salvadoreño" de *L. leucocephala* y una densidad de 2 500 a 40 000 árboles por hectárea. El rendimiento a los cuatro años se muestra en el Cuadro 6-8. La alta producción de biomasa mostró que el espaciamiento de 40 000 por hectárea era engañoso. La mortalidad eliminó a 12 000 árboles por hectárea, y el 74 % de los sobrevivientes tenían un dap de menos de 4 cm, por lo que no se podían usar para pulpa. El tamaño final de la plantación se redujo a 7000 árboles por hectárea.

Un experimento similar con *S. sesban* en la India demostró que el dap disminuyó con el espaciamiento más estrecho, pero que el rendimiento aumentó (Cuadro 6-9). A pesar que la última columna del Cuadro 6-9 exagera los resultados porque no incluye la mortalidad, sugiere una comparación inevitable entre los tamaños de árboles, significativa no sólo con respecto a la utilización sino también al costo del manejo.

En las plantaciones tipo taungya, donde los árboles se intercalan con cultivos alimenticios, el espaciamiento de los árboles ha sido amplio para asegurar un período de cosecha lo suficientemente largo como para

Cuadro 6-8.—Efectos del espaciamiento en los rendimientos de biomasa de *Leucaena leucocephala* en plantaciones de cuatro años en Taiwán

Componente	Biomasa de los árboles plantados (t/ha)		
	N = 2,500	N = 10,000	N = 40,000
Troncos	36	50	83
Ramas	8	6	11
Hojas	3	3	6
Raíces	11	13	24
Total	58	72	124

Fuente: Wang *et al.* 1984.

Cuadro 6-9.—Efectos del espaciamiento en el volumen de *Sesbania sesban* a los 30 meses en la India

Espaciamiento (árboles/ha)	Dap medio (cm)	Rendimiento (m ³ /ha/año)	No. árboles/m ^{3a}
2,500	7.7	21	48
5,000	6.5	29	69
10,000	5.3	39	103
20,000	4.0	41	195
40,000	3.1	45	356

Fuente: Dutt y Pathania 1986.

^aNo se considera la mortalidad.

recompensar al productor por haber preparado el suelo. Así, en la India, las plantaciones taungya de *Acacia arabica* y *D. sissoo* tienen espaciamientos de 3,7 m x 4,6 m (Sahai 1945). En el antiguo Zaire, donde *Terminalia superba* se había intercalado con cultivos de bananos, el espaciamiento de los árboles variaba 3,7 a 5,5 m (Baur 1964a). En Monte Dourado, Brasil, *Eucalyptus*, *Gmelina* y *Pinus* se han espaciado a 2,25 m x 4,00 m, para prolongar la producción de forraje en sitios donde se planeaba permitir el pastoreo (Woessner 1980a). Las taungyas de *Pinus caribaea* en Trinidad se han plantado a 2,7 m x 2,7 m (Lackhan 1976).

En las repoblaciones bajo dosel el espaciamiento es aún más amplio. El hecho de que se necesitan pocos árboles por unidad de área ha sido un argumento importante para la práctica. Debido a que entre las hileras de plantación hay bosque natural, no es necesario usar espaciamientos estrechos para asegurar la buena forma del árbol. En la República del África Central, el espaciamiento de *T. superba* ha sido de 12 m x 12 m, comparado con el del África de habla francesa, donde la variación de los espaciamientos era de 5 a 20 m entre hileras y de 3 a 7 m entre árboles (Aubreville 1958; Baur 1964a; Catinot 1965, 1969a).

En Malasia, se han efectuado repoblaciones bajo dosel con separaciones de 10 a 12 m entre hileras y 2 m entre árboles (Tang y Wadley 1976a, 1976b). En Fidji, las repoblaciones bajo dosel con *Swietenia macrophylla* se han espaciado aproximadamente a 3 m x 12 m (Busby 1967). En Papúa - Nueva Guinea, se usó *Araucaria hunsteinii* con espaciamientos de 3 m x 7 m (Godlee y White 1976).

El espaciamiento de las repoblaciones bajo dosel se puede definir en función del diámetro de copa de los árboles maduros. En África se recomendó un espaciamiento entre hileras al menos igual al diámetro final de la copa o un poco mayor, para permitir la persistencia de los árboles naturales (Dawkins, citado por Lamb 1969a). Dentro de las hileras, los árboles se espaciaban hasta casi un quinto de la distancia entre hileras, proporcionando así una buena selección de árboles para la cosecha final.

Se ha medido el ancho final de la copa de árboles no apiñados. Como ejemplo, en los bosques de dipterocarpáceas de tierras bajas de Malasia, *Dyera costadata* presentó una razón diámetro de copa/ diámetro del tronco de casi 17, lo que se considera demasiado bajo para un árbol de crecimiento rápido (Wong 1966a). La distancia entre hileras de esta especie con 60 cm dap y una vez alcanzada la madurez, usando un espaciamiento triangular, fue de $0,60 \times 171 / 155 = 8,8$ m. Otros árboles de Malasia tienen una razón diámetro de copa/ dap que varía de 16,5 a 25 (10 a 15 m para los árboles con 60 cm dap), y el espaciamiento de las hileras frecuentemente se calcula como si fuera 1,5 veces esta cifra, con un espaciamiento inicial dentro de las hileras de 1,8 m (Tang y Wadley 1976b).

Las plantaciones en grupos con espaciamiento amplio se han ensayado extensamente en los trópicos, y se asocian con el nombre de Anderson, quien describió este tipo de plantaciones en Escocia y el norte de Inglaterra (Anderson 1953). El concepto de Anderson es que un grupo de árboles, en vez de un sólo árbol, es la unidad de plantación y que las unidades se deben espaciar lo suficiente como para que gran parte del área entre unidades permanezca libre hasta que los árboles plantados maduren. Existen variaciones en cuanto a la cantidad de árboles iniciales por unidad, composición de la unidad, espaciamiento dentro de la unidad, espaciamiento entre unidades y mezcla de especies. La cantidad de árboles por unidad varía de 3 a 25, espaciados a 1 m o menos de separación; los árboles inferiores se ralean temprano para favorecer a los mejores. Las mezclas de especies se pueden alternar dentro o entre grupos. El espaciamiento dentro de las unidades varía de 30 a 150 cm y entre unidades de 2,8 a 7,5 m. En Uganda, el método se ha usado con éxito con espaciamientos de 5 m x 5 m, y una separación interna de 1 m entre árboles (Lawton 1976).

Las ventajas atribuidas al patrón de Anderson son: facilidad para el desmalezado, raleado y cosecha; árboles interiores relativamente libres de ramas y estabilidad contra el viento. Si bien se da una tendencia a que los árboles de la periferia dominen, esto no necesariamente es una desventaja significativa, porque el raleo inicial puede favorecer a los mejores árboles. En Brasil, el gusano barrenador de las Meliaceae rara vez se disemina en toda la unidad, lo que hace que algunos árboles de cada grupo se escapen del ataque.

Una adaptación del patrón de Anderson se ha ensayado en Surinam con *Cordia alliodora* (Vega 1977). Se plantaron árboles en espaciamientos triangulares con 1 m de separación en bosques secundarios, justo después de haber envenenado a los árboles del estrato superior. Las unidades se espaciaron a 5 m x 10 m; 200 árboles por hectárea, con una cosecha esperada de 130 a 150 árboles. Ensayos en Brasil usan espaciamientos más pequeños dentro de la unidad, pero las unidades están separadas por 20 m.

El espaciamiento involucra mucho más que la cantidad de árboles requerida y la facilidad de las prácticas de manejo inicial. De igual importancia son los efectos sobre la rectitud del tronco, podado natural y artificial, forma del fuste, incremento diamétrico y tamaño de los árboles al primer raleo.

Estudios de estas relaciones se han efectuado bajo condiciones tropicales, o cuando las conclusiones de algún estudio se pueden aplicar a los trópicos. Un experimento para la producción de leña con *E. saligna* en Sao Paulo, Brasil, ilustra los resultados con distintos espaciamientos (Cuadro 6-10). La rentabilidad de la inversión probablemente favoreció el espaciamiento más amplio aún más de lo que se indica, debido a que se usó un valor constante por metro cúbico, sin tomar en consideración la probable reducción de costos al manejar menos piezas de mayor tamaño, que se obtuvieron con el mayor espaciamiento.

Un ensayo de espaciamientos en Kenia con maderas blandas exóticas comparó el crecimiento a los diez años entre los siguientes espaciamientos: 1,8 m x 1,8 m; 2,1 m x 2,1 m; 2,4 m x 2,4 m y 2,7 m x 2,7 m (Anón. 1962a). El tamaño promedio de las ramas y la altura promedio de todos los árboles se redujo por el espaciamiento, pero para los 250 árboles más grandes

Cuadro 6-10.—Efectos del espaciamiento en la productividad de *Eucalyptus saligna* a los ocho años de edad en Sao Paulo

Espaciamiento (m)	Árboles/ha (miles)	Dap medio (cm)	Rendimiento (m ³ /ha/año)	Rendimiento de la inversión (%)
1 X 1	10.2	7.2	33.4	-3.7
1 X 2	5.2	8.6	33.2	3.4
2 X 2	2.6	11.8	30.8	15.8
2 X 3	1.7	12.5	25.8	20.4

Fuente: Guimaraes 1957, Navarro de Andrade 1939.

por hectárea, la altura promedio fue levemente mayor en los espaciamientos menores que en los amplios. El diámetro de los 250 árboles más grandes por hectárea fue el mismo, independientemente del espaciamiento. El espaciamiento más amplio produjo muchos árboles mal formados, algunos de ellos grandes. Al ralear, se obtuvo un diámetro promedio más pequeño para el cultivo restante que el de los dos espaciamientos intermedios.

En un estudio con *E. saligna* en Hawai, la tasa de crecimiento diamétrico de árboles dominantes y codominantes fue menos afectada por el espaciamiento que el rodal entero (Cuadro 6-11). El crecimiento de los árboles dominantes continuó siendo beneficiado hasta el décimo año.

Otro estudio en Hawai con *P. taeda* (Whitesell 1974) determinó el cierre de copa a los cuatro años con el espaciamiento de 1,8 m x 1,8 m; al sétimo año con los espaciamientos de 2,4 m x 2,4 m y 3,0 m x 3,0 m, y al onceavo año para 3,7 m x 3,7 m (Cuadro 6-12). Los efectos progresivos de los espaciamientos fueron

aparentes aquí también. Los beneficios del espaciamiento sobre el incremento diamétrico continúan aumentando con el tiempo. El incremento en área basal aumenta con el espaciamiento en la misma medida que disminuye con los menores espaciamientos.

Otro estudio con *P. taeda* en el sureste de EE.UU. muestra la influencia del espaciamiento sobre el volumen cosechable (Balmer *et al.* 1978). La edad de la plantación (15 años) no es indicativa para los trópicos, pero las relaciones sí lo son (Cuadro 6-13). Un espaciamiento de 3,0 m x 3,0 m rindió más de tres veces el número de árboles con dap mayor de 20,3 cm que un espaciamiento de 1,8 m x 1,8 m.

El espaciamiento triangular tiene sus defensores, quienes lo ven como una manera de distribuir el espacio más uniformemente entre los árboles plantados. Cada árbol se coloca en el centro de un hexágono formado por seis árboles y equidistante de todos sus vecinos. El espaciamiento triangular permite un 15% más árboles por unidad de área que un espaciamiento

Cuadro 6-11.—Efectos del espaciamiento y crecimiento de *Eucalyptus saligna* a los cinco años en Hawai

Espaciamiento (m)	Dap medio (cm)		Area basal (m ² /ha)	Incremento basimétrico comparativo 5-10/0-5 años ^a (%)	
	Dominantes y codominantes	Todos los árboles		Dominantes y codominantes	Todos los árboles
2.4	19.0	15.7	33.6	0.98	0.51
3.0	21.3	17.8	27.6	1.01	0.54
3.7	21.8	18.8	20.3	1.05	0.64

Fuente: Walters 1973, Walters y Schubert 1969.

^aIncremento del área basal entre el 5o. y 10o. año como porcentaje del crecimiento de los primeros cinco años.

Cuadro 6-12.—Influencia del espaciamiento en el crecimiento de *Pinus taeda* en Hawai

Espaciamiento (m)	Desarrollo comparativo de la plantación ^a (%)					
	Diámetro del fuste			Área basal/ha		
	4 años	7 años	11 años	4 años	7 años	11 años
1.8	100	100	100	100	100	100
2.4	107	117	119	62	72	79
3.0	107	128	136	43	59	67
3.7	117	143	153	35	51	60

Fuente: Whitesell 1974.

^aCon relación a 100 en el espaciamiento de 1.8 m.

cuadrangular, o una distancia mínima entre los árboles del 7,5% (Wakeley 1954). El espaciamiento triangular es de interés especial en los estudios experimentales de espaciamiento, pero requiere más cuidado en la alineación de lo que se puede justificar en plantaciones a gran escala.

Mirando hacia el futuro, Lewis (1968) concluyó que las ventajas de tener un núcleo pequeño de madera juvenil y ramas pequeñas, que desde hace mucho tiempo son las razones por las cuales se usan espaciamientos estrechos, probablemente deberán ser sacrificadas en un momento en que se privilegia la cantidad más que la calidad.

Guía para el establecimiento de plantaciones. El diseño de una plantación requiere prudencia y planificación. Se debe tener acceso al área, y protección desde el principio contra incendios y daños de la fauna. La alineación de los árboles es importante en todos los

terrenos, excepto en los más escabrosos. Las hileras derechas facilitan el raleo (Brown 1965) y el uso de equipos mecánicos para el manejo y la cosecha; también promueven un espaciamiento uniforme, y por lo tanto, el uso más completo del sitio. Las plantaciones comúnmente se diseñan con dos largas cintas que marcan la distancia de plantado. Las cintas se disponen en ángulo recto y se mueven gradualmente a través del terreno para poner una estaca en cada sitio donde se plantará un árbol. Esta tarea debe hacerse antes que llegue el tiempo de plantar. En un terreno escabroso de México, se marcó el borde de la plantación, luego los plantadores usaron el espaciamiento de la primera hilera como guía para ubicar los árboles de cada hilera subsiguiente (Martínez McNaught 1978). El uso de una sola cinta es adecuado cuando se planta con máquina.

La plantación en todos los sitios, excepto los más favorables, se hace manualmente en los trópicos. El gran proyecto de Monte Dourado, Brasil, al menos hasta 1980, se plantó a mano (Woessner 1980a, 1980b). La mayoría de los sitios tropicales apropiados para plantaciones forestales no favorecen el uso de maquinaria, como tampoco lo favorecen los plántones envasados. Las plantas se transportan a lo largo de las hileras de plantación en bandejas y en un medio húmedo para proteger las raíces. Se abren hoyos en el suelo del tamaño y forma para acomodar el sistema de raíces de los árboles en una posición natural. Cuando se planta a raíz desnuda, el hoyo se puede hacer con una barra provista de una cuchilla en forma de pala estrecha o con una pala regular. El peligro es que con el afán de minimizar el trabajo, se abra un hoyo demasiado pequeño por lo que las raíces quedan apiñadas cuando se tapa el hoyo. Cualquiera que sea la herramienta usada, el árbol debe quedar a la misma profundidad que estaba en el vivero (el cuello de la raíz debe estar a ras del suelo).

La tierra se apisona firmemente con el zapato alrededor de los árboles plantados. No deben quedar bolsas de aire en el suelo cerca de las raíces. El suelo arcilloso duro y apisonado de la superficie se debe mezclar con hojarasca alrededor de los árboles para evitar altas temperaturas en la superficie y una evaporación rápida.

Excepto cuando las plántulas están en tubos pequeños y rígidos, los hoyos para plantar existencias envasadas deben ser mayores que si se plantara a raíz desnuda. Estos hoyos comúnmente se hacen con un zapapico. Este proceso tiende a mezclar suelo superficial y

Cuadro 6-13.—Espaciamiento y rendimiento de *Pinus taeda* a los 15 años en el sureste de los EE.UU

Espaciamiento (m)	Árboles por hectárea	
	Dap > 15.2 cm	Dap > 20.3 cm
1.8	1,373	111
2.4	1,388	496
3.0	1,008	652
3.7	699	642

Fuente: Balmer et al. 1978.

subsuelo y a exponer terrones duros. Cuando el envase se abre o se quita con cuidado, es mejor poner primero suelo superficial en el hoyo, cerca de la masa de raíces y luego rellenar con subsuelo, despedazando los terrones. El apisonado se debe hacer con cuidado cerca de la masa de raíces, pero repetidamente a medida que el hoyo se va llenando. En las zonas secas de los trópicos, los hoyos a veces se abren a principios de la estación lluviosa para capturar el agua antes de plantar (Mathus Morales 1978b).

Una gran ventaja de los envases pequeños tubulares es que requieren hoyos pequeños y cilíndricos, que se pueden hacer con la punta de una barra de metal. Se debe tener un cuidado especial para asegurar que la profundidad sea correcta y que el apisonado elimine las bolsas de aire.

Los árboles recién plantados deben poder identificarse con facilidad para efectos del desmalezado. El uso de plantones de gran tamaño puede facilitar esta tarea, pero más vale poner una estaca cerca de los arbolitos más pequeños. La posibilidad de ubicar los árboles fácilmente es una razón para plantar en hileras derechas.

El uso de máquinas para plantar ha acelerado mucho el proceso en sitios apropiados; pero este método se limita a sitios extensos, relativamente llanos, ni pantanosos ni rocosos, y situados en climas donde se espera que sobrevivan los plantones a raíz desnuda. Las máquinas usan una cuchilla vertical para cortar el suelo hasta la profundidad deseada; luego, una cuchilla en forma de cuña abre el corte lo suficiente como para permitir que las raíces se coloquen a mano en la abertura. El corte se cierra mediante la presión de dos ruedas de goma montadas una al lado de la otra, en forma de "V". Con un mismo tractor se pueden plantar dos hileras a la vez. Es posible plantar hasta 12 000 árboles por máquina por día (Chapman y Allan 1978). Las máquinas se han utilizado eficazmente en el este de Venezuela y sur de Brasil. El proyecto mecanizado más grande de la región puede ser el de *P. caribaea*, plantado en sabanas en la cuenca inferior del Orinoco venezolano. Si bien ha habido pérdidas de existencias a raíz desnuda como resultado del clima seco inesperado, el replantado también se ha hecho a máquina, debido a la gran escala de la operación.

En los manglares de Malasia, *Rhizophora mucronata* se planta manualmente, empujando los hipocotilos recién

germinados profundamente en el barro blando (Walker 1938).

Algunos piensan que en condiciones de clima seco, los plantones se deben colocar a mayor profundidad que en el vivero, pero los ensayos en Sudán con *Azadirachta indica* indican que en los sitios secos, los árboles se deben plantar a la misma profundidad que en el vivero; esto es, con el cuello de la raíz a ras del suelo (Reynders 1965). También, se ha puesto en duda si se debe sacar la bolsa plástica en tales condiciones; los resultados de ensayos con *E. microtheca* en Sudán sugieren que dejar las bolsas puestas retrasa seriamente el desarrollo de las raíces y reduce la resistencia a la sequía y al viento (Wunder 1966). Por otro lado, en los bosques de miombo en lo que hoy es Zambia, *Eucalyptus* ha sido establecido con éxito, dejando los tubos de polietileno sin fondo, de casi 9 cm de ancho y 15 cm de largo (Cooling 1962a).

Los ensayos de siembra directa en Kenia con *Cupressus lusitanica*, *P. patula* y *P. radiata* comprobaron la eficacia de usar tablillas de bambú para dirigir la lluvia hacia el árbol (Howland y Hosegood 1965). Se colocaron tablillas de 1 m de largo y 2,5 cm de ancho en el suelo, en forma perpendicular a la inclinación regular de la lluvia; cada árbol también estaba rodeado en su parte inferior por una manga de bambú cuyo propósito era retener el agua de la superficie. Las tablillas y las mangas fueron esenciales para la supervivencia de los árboles, ya que de ese modo recibían un 60% más de agua de lluvia.

El costo y calidad del trabajo de plantación dependen de la pericia del trabajador. Para plantar a mano, se requiere un supervisor por 10 a 16 trabajadores. El tiempo del trabajador se debe equilibrar juiciosamente entre el transporte y el plantado. La marcación con estacas de los sitios donde los árboles se han de plantar –si se hace al mismo tiempo que el plantado– debe organizarse como una operación independiente y hacerla justo antes que los plantadores comiencen su trabajo. Las bandejas donde se guarda el material de plantación, protegido del sol y el viento, pueden ser transportadas por los plantadores mismos, y cada uno hace el hoyo, planta el plantón y cubre las raíces. En terrenos difíciles, un trabajador hace un hoyo y otro planta. El supervisor verifica no sólo el apisonado del suelo, sino también la profundidad del plantado y el acomodo del sistema radicular.

En el neotrópico, la mayoría de los árboles han sido plantados por trabajadores rurales no capacitados, bajo el supuesto de que los que plantan otros cultivos saben lo que hacen; una suposición suficientemente válida como para haber rendido muchas plantaciones exitosas. Un resultado de este supuesto, sin embargo, son las pérdidas inesperadas debido al cuidado inapropiado del plantado. La capacitación inicial debe incluir un curso, cuyo énfasis es el propósito e importancia del trabajo, una demostración cabal de cada práctica y una supervisión estrecha del trabajo inicial efectuado. También es esencial instruir a los trabajadores sobre cómo prevenir accidentes y dar auxilio en caso de emergencia. El equipo de seguridad mínimo incluye zapatos especiales, espinilleras, guantes, cascos y caja de primeros auxilios.

La capacitación del equipo a cargo del plantado mecanizado debe ser más intensiva, e involucra lo siguiente: uso, cuidado y mantenimiento del equipo mecánico; riesgos inherentes y evitables; prevención de accidentes y reacción en caso de accidentes. El acceso a los equipos de seguridad y a los materiales de primeros auxilios también es particularmente importante.

Aditivos del suelo. Los árboles, como cualquier otro cultivo, requieren una absorción equilibrada de 13 elementos esenciales para un crecimiento satisfactorio (Swan 1968). Estos incluyen los macronutrientes (N, P,

K, Ca, Mg y S) y los micronutrientes u oligoelementos (B, Cu, Fe, Zn, Mn, Mo y Cl) (Chapman y Allan 1978). Las deficiencias de nutrientes son comunes en los suelos marginales plantados con árboles. Los bosques tropicales comúnmente crecen en suelos deficientes en nutrientes, arenas silíceas o arcillas muy lixiviadas. Después de la deforestación, estas deficiencias naturales del suelo se pueden mejorar sólo con fertilización.

El uso de fertilizantes en plantaciones forestales ha sido menos generalizado en América que en cualquier otro sitio de los trópicos, aunque los beneficios han sido impresionantes en algunas instancias. Se ha comprobado que los fertilizantes son capaces de aumentar la adaptación de distintas especies, además de mejorar su resistencia contra plagas y enfermedades (Baule 1979). Un estudio efectuado por FAO examinó el uso de 13 000 fertilizantes y demostró un aumento en el promedio de crecimiento del 73% con la aplicación de fertilizantes, además de un aumento en la razón valor/costo (Phillips 1972).

El hecho de añadir nutrientes al suelo puede acelerar el crecimiento de los árboles y de los rodales en bosques tropicales; esta reacción puede durar muchísimos años (Swan 1968). Las posibles ganancias con la corrección de las deficiencias del suelo forestal en los trópicos son más inmediatas y grandes que las producidas por otras formas de silvicultura intensiva (Assman 1970). Para la mayoría de los usos finales, la madera de árboles que reciben nutrientes complementarios es muy poco inferior en calidad en relación con la madera de árboles no fertilizados.

El proceso de preparar el suelo para establecer plantaciones forestales acentúa las posibilidades de que se encuentren deficiencias en nutrientes. La extracción de árboles enteros, la tala y la quema drenan los nutrientes del sitio y causan deficiencias justo cuando los nuevos árboles más los necesitan (Waring 1972). Los estudios en Kenia demostraron que el crecimiento de las raíces de *E. saligna* hacia las capas inferiores húmedas del suelo empieza a las dos semanas de haber sido plantados (Griffith y Howland 1962). La reacción de los árboles recién plantados a los aditivos del suelo ha confirmado que necesitan nutrientes en forma casi inmediata (Fig. 6-5).

El control de las malezas y el suministro de nutrientes son esenciales para el crecimiento inicial de los árboles en los trópicos. Las ganancias en productividad son



Fig. 6-5.—El crecimiento del primer año de *Pinus caribaea* fue inducido colocando fertilizante en el fondo del hoyo en el momento mismo del plantado en un sitio pobre de Jamaica.

permanentes y el potencial total de crecimiento de un sitio es aprovechado por el árbol desde el principio (Waring 1972). Un aumento en los niveles de nutrientes también puede aumentar la cantidad de especies o procedencias que pueden crecer, además de su resistencia a plagas y enfermedades (Baule 1979). El uso racional del fertilizante mineral, la selección apropiada de procedencias geográficas y la adquisición de semillas de buena calidad son los tres requisitos silvícolas más importantes en Brasil (Golfari 1977). A pesar de estos beneficios, sólo una parte insignificante de los terrenos plantados con árboles en los trópicos ha sido fertilizada (Baule 1979).

El mejor momento para fertilizar es cuando se planta. El fertilizante se debe colocar en el fondo del hoyo, fuera del alcance de las raíces de las malezas. Es deseable mezclar el fertilizante con una pequeña cantidad de tierra para evitar que las raíces del árbol se “quemen”. La cantidad y mezcla de nutrientes o fertilizantes no se debe dejar al azar. Una guía posible es la práctica agrícola en la región. Otra fuente posible es el análisis del suelo, o ensayar en zonas representativas, las reacciones (en términos del crecimiento temprano de los árboles) a las distintas cantidades de cada nutriente y combinación de los mismos, usando árboles sin fertilizar como control.

Los fertilizantes químicos son sólo una fuente de nutrientes. Durante siglos los agricultores han aplicado residuos orgánicos a sus cultivos. Los árboles se benefician con cualquier residuo dejado por el bosque o cultivo anterior.

La atención a los nutrientes del suelo comenzó hace tiempo en la India, donde las viñas leguminosas de *Ipomea* se intercalaron con plantaciones de *Casuarina equisetifolia* en playas arenosas para suministrar N (Sharma 1951). Luego se supo que esta práctica no producía beneficios de importancia, evidentemente porque *C. equisetifolia* produce mucho de su propio N.

En el norte de Nigeria se trató de reforestar terrenos devastados por las minas de estaño con *E. camaldulensis* en un subsuelo desnudo; se añadió a cada árbol media pala de fertilizante orgánico refinado y casi 90 gramos de sulfato de amonio (Wimbush 1963). Los árboles crecieron de 3 a 4 m en altura el primer año. Sin la aplicación del fertilizante orgánico, el crecimiento en altura fue de la mitad.

El uso de abono verde en las plantaciones tropicales comenzó hace tiempo con la teca en Java (Alphen de Veer 1958b, Sieverts 1958). La teca crecía de modo poco satisfactorio en suelos pobres; casi un mes después de plantada, se intercalaron árboles de *Leucaena leucocephala*, una especie que se considera produce N. Sin embargo, *L. leucocephala* tendió a competir con la teca, a expensas de esta última. Pero la poda severa de *L. leucocephala* tres veces al año y dejar las ramas alrededor de la teca fue un estímulo muy efectivo para la teca (Alphen de Veer 1958b).

El fertilizante inorgánico mixto en el fondo del hoyo en el momento del plantado, generalmente acelera el crecimiento inicial en altura. Los *Eucalyptus* plantados en tubos en sitios pobres de Hong Kong alcanzaron altas tasas de supervivencia, pero el crecimiento inicial fue lento (Anón. 1954f). La adición de 15 a 30 g de sulfato de amonio por árbol en el momento del plantado aumentó el crecimiento en altura en un metro o más en pocos meses.

En Colombia, se descubrió que el pobre crecimiento de *Cupressus lusitanica* se debía a deficiencias en P y N (Tschinkel 1972g). La aplicación de P solamente aumentó el crecimiento en volumen del rodal en un 53%; al añadir N solamente, el aumento fue del 58%. Pero cuando se aplicaron las dos sustancias juntas, el volumen del rodal aumentó un 230%. En Filipinas, la aplicación de fertilizantes 12-12-12 y 16-20-0 a *E. deglupta* aumentó la altura del árbol en 2 m en seis meses; no hubo una diferencia pronunciada entre las reacciones a las dos mezclas de fertilizantes (Tagudar y Gianan 1970). En Brasil, la aplicación de NPK aumentó enormemente el crecimiento en altura de *Eucalyptus* al año. Una diferencia de tan sólo 1 m más de altura permitió recuperar el gasto en fertilizante (Foot 1968a).

Un ensayo de tratamiento de *E. saligna* en las sabanas de Minas Gerais, Brasil, arrojó rendimientos significativos con la aplicación de 60 g de N, 80 g de P y 20 g de K por árbol (Knudson *et al.* 1970). Los árboles tratados tuvieron un promedio de 7,2 m en comparación con 4,2 m para los árboles sin tratamiento, a los dos años. Al añadir pequeñas cantidades de B y Zn, el promedio en altura de los árboles tratados aumentó a 9,1 m. En otro experimento con *E. saligna* en Sao Paulo, la aplicación inicial de un fertilizante 5-17-3 rindió a los cinco años 266 m³ de madera apilada por hectárea en comparación con 150 m³ para los árboles

de control sin tratamiento (Simoes *et al.* 1976). La fertilización aumentó el rendimiento promedio del eucalipto en Brasil a 35 m³/ha/año (Golfari 1977).

La aceleración del crecimiento mediante fertilización a *P. caribaea* y *P. patula* en Uganda, se limitó a los árboles plantados en suelos arenosos y rojos muy lixiviados (Karani 1976b). En términos de supervivencia y crecimiento inicial, el fertilizante no sustituyó a la limpieza de malezas. Los pinos, particularmente, han tenido reacciones imprevistas a los fertilizantes bajo muchas condiciones. En Uganda, *P. caribaea* y *P. patula* reaccionaron a varios fertilizantes sólo en los suelos más pobres arenosos y de arcillas lixiviadas (Karani 1976b). En un sitio, las reacciones más significativas del crecimiento se atribuyeron a Mg y K.

Recientemente se ha ensayado con fertilizantes de liberación lenta, como método para prolongar el estímulo al crecimiento inicial. Al colocar ese tipo de fertilizante a 8 cm de las raíces del árbol en el hoyo en el momento del plantado, se obtuvo una diferencia significativa en el crecimiento al final del primer año para *Toona ciliata* en Hawái (Walters 1975). Este ensayo se hizo en pastos pesados, que también crecieron mejor debido al tratamiento, pero los árboles crecieron más que el pasto.

El nitrógeno ha resultado ser el elemento clave en la mayoría de los ensayos de fertilizantes en los trópicos. El efecto principal del N es aumentar el área de las hojas (Helms 1976). En un ensayo con *E. deglupta* en Papúa - Nueva Guinea, el crecimiento en altura aumentó con el N foliar (Lamb 1977), el cual dio cuenta del 72% de la variación en altura a los 15 meses.

El nitrógeno generalmente estimula el crecimiento más que cualquier otro mineral. El ancho de los anillos de crecimiento de los pinos en la zona templada aumenta con el contenido de N en las agujas (Assman 1970). Un ensayo con *E. camaldulensis* en Filipinas, en el cual se usaron N, P, y K, mostró que la respuesta en crecimiento provenía solo del N (Mencoza y Glori 1974).

Una aplicación ligera de N (43 kg/ha), en el momento de la siembra de *L. leucocephala* en Papúa - Nueva Guinea ayudó al crecimiento sin inhibir la formación de nódulos (Cuadro 6-14). Las aplicaciones de N ayudaron a *L. leucocephala*, aunque las parcelas se desmalezaran o no; pero la cantidad de fertilizante no influyó en el crecimiento en parcelas desmalezadas.

La escasez de N en la naturaleza puede limitar la ocurrencia natural de ciertas especies arbóreas. En las tierras bajas del litoral de Queensland, Australia, *Araucaria cunninghamii* no ocurre naturalmente (Richards 1962). En los suelos lateríticos y podzólicos, las plantaciones con esta especie fracasaron y fueron reemplazadas por *P. taeda*. Una vez que este se estableció, los árboles sobrevivientes de *A. cunninghamii* empezaron a mejorar; aparentemente, porque necesitaban el N que *P. taeda* de algún modo les suministraba (Richards 1962). Esta teoría se apoya en el hecho de que las plantaciones puras de *A. cunninghamii* tienen un mejor desempeño con aplicaciones de 120 kg/ha/año de fertilizante (Richards 1967). Sin embargo, todavía no se ha comprobado la capacidad fijadora de nitrógeno de los pinos, aunque algunos lo afirman. El N quizás proviene de otros organismos que los pinos favorecen. Las leguminosas nativas no suministran suficiente N para *A. cunninghamii*. La hojarasca de los pinos no parece ser una fuente de N porque *A. cunninghamii* prospera en zonas donde los pinos escasean, en aperturas lejos de la hojarasca de los pinos pero no de sus raíces. Se postuló que *P. taeda* quizás reprima algunos organismos que dañan a la araucaria (Richards 1962). La "preparación" del sitio por parte de *P. taeda* lleva de cinco a seis años. La repoblación con araucaria bajo cubierta de *P. taeda* parece ser prometedora.

Las aplicaciones solas de N parecen poco predicibles (Swan 1969). Muchos experimentos han demostrado resultados distintos para tales tratamientos, y la importancia igual de P y K se ha demostrado repetidamente. Se necesitan mayores investigaciones al respecto para poder distinguir claramente las causas de los problemas.

Cuadro 6-14.—Beneficios de la aplicación de nitrógeno y desmalezado en la producción de forraje de *Leucaena leucocephala* en Papúa-Nueva Guinea (kg/ha)

Aplicación de nitrógeno	Peso verde de forraje a las 9 semanas	
	Sin desmalezado	Con desmalezado
0	750	960
34	830	1,650
68	1,090	1,650

Fuente: Hill 1970.

El crecimiento en plantaciones de *P. caribaea* en las zonas arenosas del litoral de Tanzania disminuyó en sitios donde se aplicó un fertilizante a base de N, sin P (Dick 1969). La causa, según las conclusiones, fue una seria deficiencia de fósforo. Una reacción semejante, que produjo crecimientos pobres, se registró en un experimento controlado de *P. caribaea* en Queensland, Australia (Cameron *et al.* 1981). La aplicación de N y de oligo-elementos hizo que se redujera el peso seco después de 238 días. Estos mismos aditivos estimularon el crecimiento con la presencia de fósforo.

Un estudio más elaborado con *P. radiata* en Australia iluminó la interacción entre el nitrógeno (N) y el fósforo (P) (Waring 1968). Se hicieron aplicaciones cinco veces durante los primeros cuatro años de la plantación. Nitrógeno, en forma de urea, se aplicó a razón de 50 g por árbol, o sea 600 kg/ha. El fósforo (fosfato de calcio) se aplicó a razón de 20 g por árbol, o sea 235 kg/ha. El nitrógeno y el fósforo juntos produjeron casi tres veces el crecimiento en altura y cinco veces el crecimiento en área basal, en comparación con los árboles de control. El fósforo por sí solo casi duplicó la absorción del N del suelo, en comparación con los árboles de control. Los árboles que recibían tanto N como P absorbieron más de seis veces N que los árboles de control, o casi el 25% del N aplicado. Los árboles que recibían N y P absorbieron el 18% del P aplicado en comparación con sólo el 3% de los árboles que recibían la misma cantidad de P sin N. El hecho de añadir P aumentó la absorción de N en un 50%, aparentemente debido al aumento de la mineralización del N, o una mejor explotación del suelo por el crecimiento estimulado de las raíces. La absorción de P con N añadido (pero sin añadir P) fue sólo el 60% de lo que era sin añadir N, lo que indica un aumento de la deficiencia de P ante la presencia de N.

Un ensayo de aplicación de N, P y K en el momento del plantado, efectuado en todo Australia, demostró que *E. globulus*, una de las especies más plantadas en el oeste de América tropical, reaccionaba más al fertilizante que varias otras especies de *Eucalyptus* (Cromer *et al.* 1981). La aplicación de N y P afectó la razón N/P en las hojas. Una razón de casi 15:1 parecía apropiada para *E. globulus*, porque por encima de ese nivel, la especie reaccionaba a la aplicación del P y por debajo, a la aplicación de N.

Aunque el análisis foliar ha sido útil para medir las deficiencias de nutrientes en los trópicos, Evans (1992) cita datos de *G. arborea* que indican una gran necesidad de procedimientos estandarizados para la recolección de muestras de hojas para los análisis comparativos (Cuadro 6-15).

Pinus caribaea bahamensis en un sitio cerrado con suelos pobres y ácidos en Sao Paulo, Brasil alcanzó un crecimiento en altura al año de 1,3 m en comparación con 0,8 m para el control; aparentemente la diferencia se debía principalmente a que se había añadido P y Ca (Simoes *et al.* 1976). La experiencia en Colombia parece confirmar la importancia de estos dos nutrimentos (Ladrach 1974). *Cupressus* también fue estimulado por Ca en la misma forma. Ensayos con *E. grandis* han demostrado la necesidad de boro (B) (Chapman y Allan 1978); sin él, no se lograron rendimientos de madera para la venta, pero con él, los rendimientos alcanzaron un promedio de crecimiento anual de 25 m³/ha. Estudios en Colombia también demostraron que la aplicación de B era beneficiosa para *E. grandis* (Cannon 1981).

En Australia, donde la productividad de cultivos sucesivos de *P. radiata* ha estado bajo estudio intensivo, el uso de fertilizantes se ha convertido en una necesidad. Se ha llegado a la conclusión que cualquier disminución en la fertilidad del suelo se puede contrarrestar con un buen uso de leguminosas y fertilizantes a base de N (Waring 1968).

Cuadro 6-15.—Variación de nutrimentos en las hojas de un árbol de *Gmelina arborea*

Ubicación de las hojas	Nutrimento (% de peso seco al horno)			
	N	P	K	Ca
Copa superior				
Extremo superior	2.10	0.11	1.5	1.0
Exterior	1.86	.11	1.6	1.0
Interior	1.69	.10	1.1	1.8
Copa inferior				
Exterior	1.79	.11	1.5	1.5
Interior	1.39	.08	1.6	1.7

Fuente: Evans 1992.

Nota: N = Nitrógeno

P = Fósforo

K = Potasio

Ca = Calcio

La irrigación en plantaciones para leña es frecuente en las zonas secas de los trópicos. En Changa Manga, Paquistán, las plantaciones de *D. sissoo* han recibido casi cuatro veces la cantidad de agua usada localmente para la agricultura (Tahir y Ali 1974). Después de un siglo produciendo leña, la superficie del suelo tenía cuatro veces más cantidad de materia orgánica que el suelo virgen y cinco veces más N; el contenido de P y K, sin embargo, era menor.

Este capítulo ha presentado una variedad de experiencias en cuanto a los requerimientos de nutrimentos de los árboles plantados, algunos con

resultados que aparentemente parecen estar en conflicto. Lo que se ha ilustrado es que las condiciones varían enormemente y que los requerimientos también reflejan esa variación. Normalmente, la aplicación de fertilizantes inorgánicos se debe considerar sólo para complementar el nivel natural de nutrimentos; pero en la medida en que se desconoce cuál es ese nivel, la aplicación de fertilizantes puede producir resultados inesperados, ya sean positivos o negativos. En el pasado, el tanteo a escala experimental ha sido la base de muchos de los descubrimientos. En el futuro, las aplicaciones de fertilizantes se deben basar más en análisis previos de los nutrimentos del suelo.

Capítulo 7

Prácticas de Manejo en Plantaciones

Después de analizar el establecimiento de plantaciones forestales, en este capítulo se abarca el tema de las prácticas de manejo, diseñadas para hacer que estas plantaciones sean y se mantengan productivas. Se usa como fuente la experiencia del trópico de ambos hemisferios —experiencias que abarcan muchos sitios distintos y muchas especies distintas. No se habla mucho de la base económica de las prácticas de manejo, los detalles de la cual tienen más que ver con las condiciones locales: por esta razón, se presentan varios casos específicos en los Apéndices del G al M.

Chapman y Allan (1978), ofrecen la siguiente lista de consideraciones necesarias para la preparación del plan de manejo de una plantación maderera:

1. *Política y objetivos* — Las instrucciones que recibe el administrador del proyecto de manos de una autoridad superior sobre los objetivos que debe cumplir.
2. *Datos básicos* — Ubicación del proyecto, historia, disponibilidad y aptitud de los terrenos, instalaciones, marco institucional y personal.
3. *Manejo futuro* — Operaciones que se han de efectuar, círculos de trabajo, actividades de plantación, equipos, recursos financieros, presupuesto actual, mantenimiento, control administrativo y registros.

Evans (1992) esbozó una secuencia de decisiones y operaciones que se deben planificar (Cuadro 7-1).

La meta de las prácticas de manejo en plantaciones es aumentar el volumen o la calidad de la madera producida. El administrador, por lo tanto, debe encontrar la manera de estimar la productividad potencial y de evaluar los efectos de los tratamientos en el crecimiento. La productividad potencial se puede obtener de los cuadros de volumen y de las curvas de índice de sitio, si ya existen en la región. La evaluación de los efectos de tratamientos en el crecimiento puede ser difícil. Debido a que el crecimiento en el trópico húmedo generalmente no es específicamente estacional, el crecimiento de la mayoría de las especies de árboles se puede comprobar sólo mediante mediciones repetidas. Aún en el caso de *Pinus caribaea hondurensis*, una especie que en climas muy estacionales forma anillos anuales de crecimiento, los árboles adyacentes pueden tener crecimientos muy variables (Slee 1972).

Cuadro 7-1.—Secuencia de decisiones y operaciones en una plantación industrial

Operación silvícola usual	Decisiones principales	Producto
Obtención de semillas	¿Especies?	No aplica
Producción de plántones	¿Estación? ¿En envases? ¿Tamaño?	Plántulas Trasplantes
Preparación del suelo	¿Intensidad?	No aplica
Plantación	¿Espaciamiento? ¿Fertilización?	Árboles jóvenes
Prácticas de manejo	¿Frecuencia? ¿Métodos?	Brinzales
Poda baja	¿Necesidad? ¿Parcial?	Postes pequeños
Raleos	¿Tiempo? ¿Intensidad?	Postes grandes
Poda alta	¿Necesidad? ¿Altura?	Postes grandes
Cosecha	¿Cuándo?	Árboles maduros
Replantado	¿Cambios de especies o de manejo?	Segunda cosecha

Fuente: Evans 1992.

Un compendio del comportamiento de 129 de las mejores plantaciones de madera en Latinoamérica, clasificadas por zona de vida, se publicó en 1960 (Wadsworth 1960). La FAO más recientemente, publicó un resumen del comportamiento de las plantaciones durante la década de 1980 (Anón. 1985f), la cual sirve de guía para las prácticas de manejo de plantaciones en la región.

Al resumir los rendimientos de las plantaciones en praderas o en bosques altos tropicales, Wood (1974) concluyó que la mayor productividad se da en altitudes medias; las tierras bajas, los terrenos montañosos y los

sitios secos son menos productivos. Los árboles de crecimiento rápido pueden sostener tasas de crecimiento de 2 m de altura por año y 1 cm de diámetro a la altura del pecho. Hay bastante información publicada que comprueba la producción de 35 a 50 m³ (25 a 40 toneladas) por hectárea por año. Estos altos rendimientos están limitados en su mayoría a especies coníferas y eucaliptos.

La evaluación del desempeño de una plantación requiere árboles de tamaño promedio a distintas edades y cuadros de volumen o ecuaciones para convertir esos promedios en cantidades de producto utilizable. Un ejemplo es un juego publicado de curvas de

clasificación de sitio para la teca (*Tectona grandis*) (Fig. 7-1), con base en medidas tomadas en Colombia, Venezuela, América Central y el Caribe (Keogh 1982). La altura aquí se refiere a la "altura dominante", o sea la altura de los 100 árboles con mayor dap por hectárea. También hay curvas similares para *P. caribaea* de Indonesia, Jamaica y Surinam. Se han elaborado cuadros típicos de volumen de celulosa para *P. elliptii* y *P. taeda* en el sur del Brasil (Cuadros 7-2, 7-3).

Calidad de sitio

El desempeño de una plantación es una respuesta no sólo a las prácticas de manejo, sino también a la calidad del sitio y a un complejo de factores climáticos, edáficos

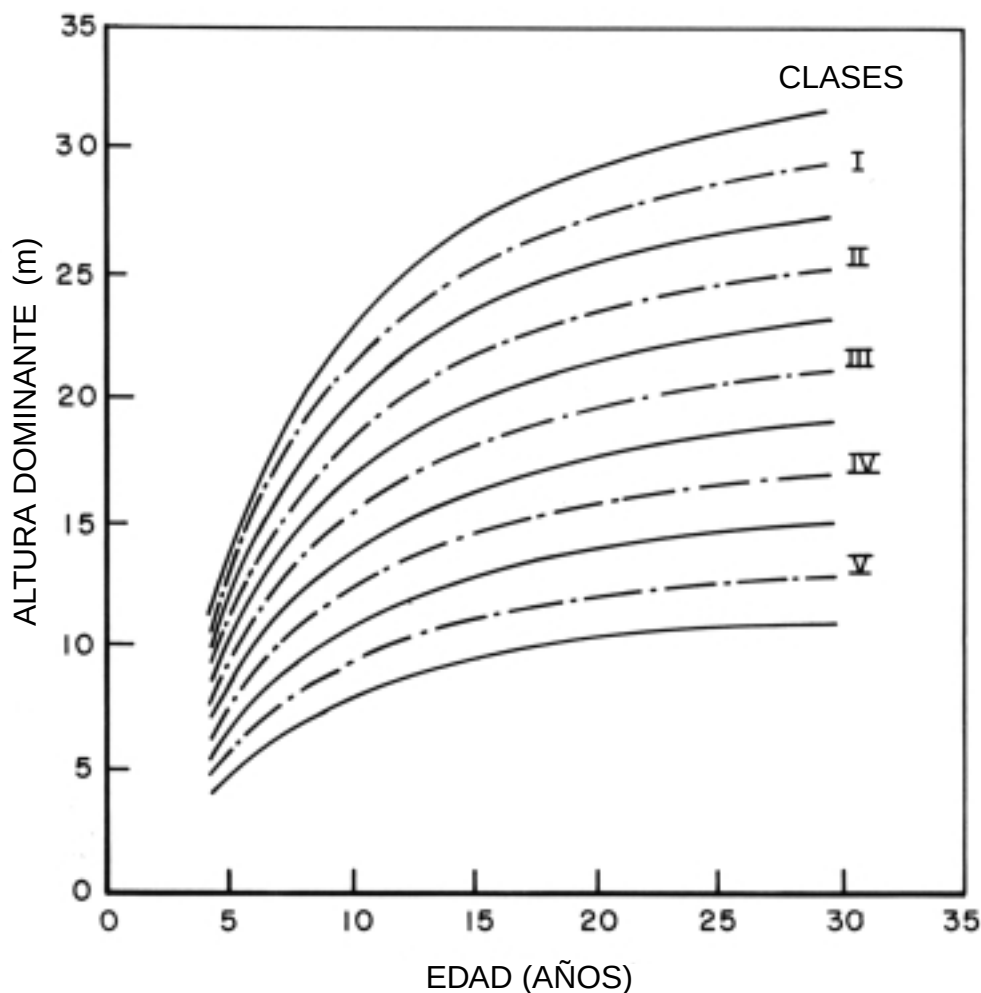


Fig. 7-1.—Clases de sitios para teca en el neotrópico (Keogh 1982).

Cuadro 7-2.—Volumen de celulosa utilizable de *Pinus elliottii* en Paraná, Brasil (m³)

Dap (cm)	Altura comercial (m)						
	8	10	12	14	16	18	20
16	0.05	0.07	0.10	0.12	0.14		
20		0.12	0.16	0.19	0.23	0.26	
24			0.23	0.27	0.32	0.36	
28				0.37	0.42	0.47	0.52
32				0.47	0.53	0.58	0.64

Fuente: Hosokawa *et al.* 1979.

Nota: Volúmenes hasta 6 cm de diámetro sin corteza.

Ecuación de regresión: $V = 0.03096d + 0.0008d^2 - 0.02435h + 0.00291dh + 0.00004d^2h + 0.25225$, donde V = volumen, d = diámetro en centímetros, h = altura en metros.

y bióticos. La calidad del sitio quizás sea influenciada por las prácticas de manejo hasta cierto punto, pero el administrador debe reconocer las limitaciones. La identificación de sitios favorables y desfavorables para la mayoría de las especies de árboles no es un problema: en un extremo, el árbol ni siquiera logra sobrevivir, mientras que en el otro, alcanza su tasa máxima de crecimiento (Figs, 7-2, 7-3).

La teca tiene una clara relación sitio - crecimiento, según se ve en los datos de rendimiento provenientes de Java (cuadro 7-4). Los árboles en el sitio V eran dos veces más altos que los del sitio II y su productividad era casi tres veces mayor. Los sitios pobres inciden directamente en la producción en volumen; además, los efectos del sitio son acumulativos y aumentan con el pasar del tiempo.

Se descubrió una gran variación en la productividad de *Eucalyptus globulus* entre sitios clasificados en Madras, India (Cuadro 7-5). En El Salvador, la especie también reacciona al sitio (Burgers 1960); la productividad es severamente afectada, y el primer rebrote, que en sitios buenos es al menos tan productivo como el cultivo establecido con plantones, tiende a quedarse atrás en un sitio pobre (Cuadro 7-6).

Pinus caribaea reacciona mucho a la calidad del sitio en Surinam (Vincent 1970). Los rendimientos esperados a la edad de 30 años, con base en el crecimiento inicial, se muestran en el Cuadro 7-7. En Surinam, la clasificación I consiste de un suelo méxico, con suelos francos y arenosos en laderas leves inferiores bien drenadas, cerca de los arroyos. El sitio III se sitúa a medio camino entre los arroyos y las tierras altas, y presenta suelos franco-

Cuadro 7-3.—Volumen de celulosa utilizable de *Pinus taeda* en Paraná, Brasil (m³)

Dap (cm)	Altura comercial (m)						
	8	10	12	14	16	18	20
16	0.06	0.08	0.10	0.12	0.14		
20		0.14	0.17	0.20	0.23	0.26	
24			0.26	0.30	0.35	0.39	
28				0.39	0.45	0.50	0.56
32				0.51	0.58	0.64	0.70

Fuente: Hosokawa *et al.* 1979.

Nota: Volúmenes hasta 6 cm de diámetro sin corteza.

Ecuación de regresión: $V = -0.0140 + 0.0003d^2 - 0.0159h + 0.017dh - 0.000000009d^2h + 0.12766$, donde V = volumen, d = diámetro en centímetros, h = altura en metros.



Fig. 7-2.— Cuando se ignoran las calidades del sitio, como la profundidad del suelo o el nivel de humedad, es posible producir árboles mal formados, como lo ilustra esta *Gmelina arborea* en Perú.

arenosos. El sitio V consiste de sabanas en tierras altas xéricas en suelos blancos de arena gruesa. La misma especie (*P. caribaea*), bajo condiciones premontanas húmedas en Costa Rica, entre 600 y 1000 msnm y una precipitación anual de 220 cm, produjo rendimientos de 45 m³/ha/año de madera sin corteza en 16 sitios (Salazar 1976).

P. caribaea en el sur de Queensland, Australia, da una buena ilustración de los volúmenes mucho más bajos



Fig. 7-3.— Un buen sitio produce árboles de buena forma y crecimiento rápido, según lo ilustran estos árboles de un año de edad de *Paulownia tomentosa* en Filipinas.

Cuadro 7-4.—Rendimientos de teca (*Tectona grandis*) por calidad de sitio en Java

Clase de calidad de sitio ^a	Altura de los 100 árboles más grandes por hectárea (m)		Incremento medio anual, incluyendo raleos (m ³ /ha/año)	
	30 años	80 años	30 años	80 años
II	16	21	3.9	2.9
III	20	27	5.4	4.0
IV	25	33	7.6	5.8
V	29	39	10.5	8.1

Fuente: Alphen de Veer 1958b.

^aLas clases se definen localmente con base en la altura del árbol a una edad dada.

producidos en plantaciones jóvenes en sitios relativamente pobres (Anón. 1972b). A los ocho años, el volumen de la plantación del sitio 90 fue sólo el 22% del volumen del sitio 110 (Cuadro 7-8); a los 20 años, el volumen alcanzado por la primera era del 62%. El crecimiento anual también culmina más tarde en el sitio más pobre.

Mejoras en la calidad de sitio en plantaciones. La calidad del sitio y la productividad de las plantaciones se pueden mejorar. Tales mejoras son particularmente pronunciadas en suelos degradados por el cultivo, pastoreo o incendios. La hojarasca bajo una plantación de teca pura de diez años de edad en África occidental, se descompuso en seis meses durante la estación seca y en un mes durante la estación lluviosa (Egunjobi 1974). Se determinaron aumentos significativos de materia orgánica en la superficie terrestre de las plantaciones de teca de sólo cuatro años de edad en Tailandia (Wasan y Bunwong 1975). Al decimoquinto año, también había aumentado el pH, la capacidad de intercambio catiónico, fósforo (P), potasio (K), calcio (Ca) y magnesio (Mg). Sin embargo, no eran estadísticamente significativos, aún cuando la calidad del sitio había mejorado.

Estudios en 23 sitios plantados con *P. ponderosa* en EE.UU. han demostrado que el aumento del nitrógeno (N) -uno de los componentes de la materia orgánica- en el suelo se traducen en incrementos en la altura del árbol (Zinke 1960). De hecho, se llegó a la conclusión que la altura del árbol es un índice de la cantidad total de N en el suelo, y que el N disponible tendría una

Cuadro 7-5.—Efectos del sitio en la productividad del *Eucalyptus globulus* en Madras, India

Edad (años)	Dap medio (cm)		Altura media (m)		Incremento anual (m ³ /ha/año)	
	Sitio I ^a	Sitio III	Sitio I	Sitio III	Sitio I	Sitio III
5	21.0	12.1	21.9	11.3	10.6	5.0
10	31.5	21.0	31.4	15.8	11.3	5.2
15	39.6	25.9	37.8	24.4	10.4	5.0
20	46.1	29.9	41.8	28.0	9.9	4.6

Fuente: Krishnaswamy 1957b.

^aLas clases de sitios se definen localmente con base en la altura del árbol a una edad dada.

relación aún más fuerte. Por consiguiente, el desarrollo de una plantación que logre aumentar el N del suelo debería mejorar al sitio.

Los cambios en la calidad del sitio provocados por las plantaciones no se entienden completamente. El fenómeno común, de un rodal de rebrotes que produce más que la plantación original, sugiere una mejora en el sitio. En Kenia, por ejemplo, en un rodal de primeros rebrotes de *E. grandis* a la edad de rotación, el 20% de los fustes tenían más de 15 cm dap, en comparación con sólo el 4% de los árboles de la plantación original (Howland y Freeman 1970). Una proporción desconocida, pero probablemente significativa de este aumento, se debe no a la mejora del sitio, sino al sistema radicular heredado por los rebrotes.

Deterioro del sitio en plantaciones. A menos que se tomen medidas de compensación, la productividad del sitio ha de declinar tarde o temprano en sitios donde se está cosechando madera. Algunos indicios de estas pérdidas se ven en la biomasa sobre el suelo de plantaciones de *P. radiata* en África del Sur (Cuadro 7-9).

El problema de plantar teca pura, debatido en la India entre 1930 y 1950, reflejó la preocupación que se sentía por la extracción repetida y la remoción de nutrientes de sitios que eran marginales desde el principio. El deterioro de suelos lateríticos en la India, causados por la tala rasa de la teca y la quema posterior, es capaz de provocar cambios en sitios que al comienzo eran muy aptos para la teca, pero que luego se deterioraron hasta llegar a ser absolutamente inadecuados para ese cultivo (Davis 1940). Aún los buenos sitios para teca que habían sido el sostén de los árboles más altos resultaron peores para el próximo cultivo.

Se ha documentado bien el deterioro del sitio durante la vida de las plantaciones de teca a espaciamientos estrechos y sujetas a quemas repetidas de la hojarasca (Bell 1973). En Trinidad, una plantación de 11 años de edad, con un espaciamiento de 2 m x 2 m, quemada repetidamente y sin maleza se comparó con un bosque natural. La plantación presentó un escurrimiento de agua que sobrepasaba en un 25% por unidad de precipitación a la del bosque natural; la pérdida del suelo (debida a la erosión) fue ocho veces mayor por unidad de área

Cuadro 7-6.—Efectos del sitio en la productividad de *Eucalyptus globulus* de ocho años en El Salvador

Clase ^a de sitio	Altura media (m)		Rendimiento (m ³ /ha/año)	
	Plantón	Retoño	Plantón	Retoño
I	18	21	9.8	9.8
III	16	17	5.2	5.5
V	14	13	2.8	1.1

Fuente: Burgers 1960.

^aLas clases se definen localmente con base en la altura del árbol a una edad dada.

Cuadro 7-7.—Desempeño de *Pinus caribaea* a la edad de 30 años en Surinam por clase de sitio

Clase ^a de sitio	Incremento medio anual (m ³)		
	Madera de aserrío	Pulpa	Total
I	10.2	5.5	15.7
III	8.4	4.6	13.0
V	0.0	3.3	3.3

Fuente: Vincent 1970.

^aLas clases se definen localmente con base en la altura del árbol a una edad dada.

terrestre en la plantación (5,6 t/ha en comparación con 0,7 t/ha). Se vio con claridad que para mantener la productividad del sitio se debía reducir la tasa de erosión al equivalente de la tasa de ingreso de nutrientes.

Recientemente se han expresado inquietudes debido a la declinación esperada de la productividad en sitios plantados con pinos; en especial, las plantaciones puras de *P. radiata* en Australia. Una revisión inicial de las posibles causas (Florence 1967) amerita ser mencionada. El estudio indicó que bajo una mezcla de especies, el suelo forestal desarrolla propiedades que varían con las especies de árboles del sotobosque. Existe una gran variación en la composición química de la hojarasca y la naturaleza y tasa de descomposición. La productividad puede depender, en parte, de que una especie única acumule un nutriente, que de otro modo podría ser limitado. El hecho de que los suelos bajo robledales

(*Quercus* spp.) tienen una capacidad de suministrar nutrientes mayor que la de los suelos bajo pinos, sugiere que la productividad de estos últimos podría aumentar en la presencia de otras especies.

Florence (1967) indicó, además, que el contenido de N en el suelo bajo una mezcla de pinos con especies no coníferas es mucho mayor que en rodales puros de una u otra especie. En conclusión, el exceso de N puede deberse a un ambiente más apropiado para la actividad de microbios; según Tarrant (1961), citado por Florence, las plantaciones de *Pseudotsuga menziesii* en el noroeste de EE.UU., intercaladas con *Alnus rubra*, aumentaron en buena medida el total de N en el suelo y en el follaje. Las plantaciones de pinos en Nigeria no han cambiado la condición física del suelo, pero han aumentado la materia orgánica en la superficie y reducido en las capas más profundas del suelo (Iyamabo 1970). El nivel de N en el suelo debajo de los pinos tuvo un promedio 24% menor que en los sitios sin pinos. Florence (1967) también notó que una cantidad de especies madereras introducidas que han tenido éxito, poseen atributos que neutralizan las desventajas del sitio y mejoran sus propiedades.

Una disminución aparente de la productividad de *Pinus radiata* en el sur de Australia se ha evidenciado en la reducción del área basal (Bednall 1968). Plantaciones repetidas en un mismo sitio arrojaron áreas basales de 20 m²/ha, en comparación con 29 m²/ha a los 15 años. Bednall determinó que ninguno de los factores sugeridos estaban conclusivamente vinculados con la disminución; esos factores incluían: el régimen de suelo y agua, el

Cuadro 7-8.—Efectos del sitio sobre *Pinus caribaea* en Queensland, Australia

Adad (años)	Volumen en pie (m ³ /ha)		Incremento anual actual (m ³ /ha/año)	
	Sitio 90 ^a	Sitio 110	Sitio 90	Sitio 110
8	17	76	— ^b	— ^b
10	40	117	11.8	20.7
12	75	172	17.5	27.3
14	123	234	23.9	30.9
16	175	293	25.9	29.8
18	214	343	19.3	24.8
20	241	386	13.7	21.4

Fuente: Anón. 1972a.

^aLas clases se definen localmente con base en la altura del árbol a una edad dada.

^bInsignificante

Cuadro 7-9.—Biomasa aérea en una plantación de *Pinus radiata* de 40 años en África del Sur

Dap (cm)	Biomasa secada al horno por árbol							
	Fuste		Corteza		Ramas		Agujas	
	(kg)	(%)	(kg)	(%)	(kg)	(%)	(kg)	(%)
30	344	87	36	9	7	2	7	2
60	1,499	81	168	9	138	8	35	2

Fuente: van Laar 1982.

tipo de suelo, la corta y quema, el intervalo entre tala y replantado y la preparación del sitio. Sugirió que los siguientes factores merecen estudio, como posibles causas de la disminución: agotamiento de los nutrientes, agotamiento del suministro de agua, residuos tóxicos del primer cultivo, reducción del estándar genético y cambios en las prácticas de establecimiento debido a la existencia de tocones residuales.

Hatch y Mitchell (1972) sugirieron que la pérdida de N como resultado de los raleos quizás haya disminuido el crecimiento de las cosechas subsiguientes de *P. radiata*. Este estudio descubrió que sólo el raleo repetido podía eliminar hasta 470 kg/ha de N, durante una rotación típica de pinos.

También se ha registrado en Nueva Zelanda, una disminución de la productividad en plantaciones de *P. radiata* de segunda rotación (Whyte 1973). Allí, unas pocas zonas registraron declinaciones pronunciadas en cuanto a la altura, área basal e incremento volumétrico; declinaciones menores en la mayoría de las otras zonas, y totalmente inexistentes en otras. Una complicación fue que las comparaciones se tenían que hacer entre plantaciones muy próximas, pero no precisamente en el mismo sitio. Algunas declinaciones parecieron ser permanentes, pero la mayoría fueron transitorias, limitadas a períodos entre los primeros cinco a ocho años de la segunda cosecha.

Whyte (1973) concluyó que la disminución era lo suficiente como para extender la rotación dos años más para que los árboles alcanzaran la altura de la primera cosecha; ocho años más para que alcanzaran la misma área basal, y cinco años más para que alcanzaran el mismo volumen. Advirtió que la disminución de la productividad fue particularmente notable en las crestas de lomas y en las laderas superiores, mientras que en el

fondo de los valles, la segunda cosecha a menudo era mejor que la primera. Recomendó acortar el período de regeneración e impedir la erosión laminar en las crestas de lomas y en laderas.

Chaffey (1973) indicó lo complejo que es probar una disminución de la productividad, por lo que recomendó establecer parcelas de largo plazo y análisis detallados del fuste. Supuso que con certeza casi absoluta, no hay una sola causa. Los factores abióticos y los cambios químicos y físicos del suelo pueden ser cíclicos; las fluctuaciones climáticas son difíciles de evaluar; en las investigaciones del suelo no se puede ignorar el papel que juega el componente vivo del suelo en descomposición; los antagonismos de las micorrizas pueden ser responsables en algunos casos.

Un estudio de los residuos de la tala en plantaciones de *P. radiata* en el sureste de Victoria, Australia, sugiere una fuente importante de deterioro del sitio (Flinn *et al.* 1979). El residuo en la superficie después de la tala era de 769 t/ha, pero la quema para preparar el suelo para un nuevo sembrado consumía el 84% de la materia seca. Otras pérdidas fueron: 72% del N, 27% del P, 21% del K, 31% del Ca, 16% del Mg, 40% del sulfuro (S), 30% del hierro (Fe) y 34% del manganeso (Mn). Bajo estas circunstancias, se recomendó que no se efectuaran más quemas.

Evans (1978) revisó la disminución de la productividad en la segunda rotación en 53 pares de parcelas en un mismo sitio de Suazilandia. Los resultados de plantaciones de 14 años aparecen en el Cuadro 7-10. Evans creía que el clima era la causa principal de la disminución. El mal clima prevaleció durante la segunda rotación; particularmente, estaciones de lluvias más cortas durante los últimos tres años. En consecuencia, los efectos del clima oscurecieron (y probablemente sobrepasaron) a las demás tendencias del sitio. El incre

Cuadro 7-10.—Productividad comparada de la primera y segunda rotación de *Pinus patula* de 14 años en Suazilandia

Item	Altura media (m)	Volumen medio por árbol (m ³)	Volumen por hectárea (m ³ /ha/año)	IMA ^a
Rotación				
Primera	18.1	0.243	299	21.4
Segunda	17.5	0.226	276	19.8
Porcentaje de declinación	3.4	6.9	7.6	7.5

Fuente: Evans 1978.

Nota: Significativo al 5%

^aIncremento medio anual.

mento volumétrico inicial de la segunda rotación fue mejor que en la primera, entre los cinco y seis años, por un margen entre 10 y 25%; pero a los 14 años había declinado hasta un 7% menos que la primera rotación. Evans sugirió que esa reducción cada vez más fuerte no se debía al clima, y aunque concluyó que no había razones para alarmarse ni complacerse, era urgente recabar más información.

En una revisión posterior, Evans (1980) concluyó que las evidencias todavía no eran adecuadas para comprobar la disminución en los rendimientos de las plantaciones bajo monocultivo. Mencionó la existencia de factores complejos, como el mejoramiento genético y el manejo de cada rotación, el uso de rebrotes en vez de plantones y la mortalidad acumulativa en cosechas sucesivas de rebrotes. Consideró que los resultados de *P. radiata* se habían confundido con las mejoras en las prácticas de manejo; tampoco encontró evidencias de disminución de los rendimientos de *P. elliottii* en África oriental, donde las semillas se recogían de los mismos árboles padres. Concluyó, sin embargo, que aún se podrían encontrar tendencias relacionadas con variaciones climáticas, mejoramiento genético, efectos de plantación directa o prácticas silvícolas, como raleo, arrastre de troncos, eliminación de desechos, quema y fertilización.

La disminución de la productividad a causa de cosechas forestales repetidas debe causar inquietud. La pérdida neta de nutrientes es inevitable, y tarde o temprano se deberán efectuar compensaciones, si no se quiere que la productividad decline. Los estudios del suelo por sí solos no toman en cuenta adecuadamente las tendencias significativas, porque gran parte del suministro de nutrientes se halla en la biomasa (Fearnside y Rankin 1980).

Los estudios de Chijioke (1980) sobre el contenido de nutrientes en plantaciones de *Gmelina arborea* (ocho parcelas) y de *P. caribaea* (cuatro parcelas) arrojaron luz sobre los efectos de la cosecha de las plantaciones en la calidad del sitio. Para ambas especies (Cuadros 7-11; 7-12), la madera del fuste tenía el porcentaje más bajo de nutrientes, pero cuando se combinaba con la corteza, contenía más de la mitad de los nutrientes existentes sobre la superficie del suelo. La extracción del árbol entero causó una pérdida de más del 25% de los nutrientes, en comparación con dejar los desechos en el sitio. Si se hubiera dejado la corteza, se habría ahorrado entre un 5 y 10% más.

Los estudios de Chijioke no proporcionaron evidencias de que los monocultivos por sí solos agotan las reservas de nutrientes del suelo más rápidamente que las plantaciones mixtas, *siempre que todos los demás parámetros sigan siendo iguales*. El agotamiento rápido de los nutrientes, sin embargo, está claramente asociado con el crecimiento rápido, rotaciones cortas y extracción total.

Chijioke concluyó que los nutrientes inmovilizados dependen más que todo de la edad de aprovechamiento. Por ejemplo, árboles de *G. arborea* de 13 a 15 años de edad tenían sólo entre 6 y 9% más nutrientes inmovilizados que los árboles de 5 a 6 años de edad, y sin embargo, la biomasa era de 25 a 66% mayor. La producción de cinco cosechas de 5-6 años de edad de *G. arborea* durante un período de 30 años sería dos veces más exigente que la producción de dos cosechas de 13 a 15 años de edad durante el mismo período.

De acuerdo con Chijioke, cualquier disminución del crecimiento arbóreo en rotaciones posteriores en los

Cuadro 7-11.—Niveles de nutrimentos en plantaciones de *Gmelina* de seis años de edad en Nigeria y Brasil

Índice	Nutrimentos principales				
	N	P	K	Ca	Mg
Kilogramos por hectárea					
Contenido de nutrimentos					
Sobre la superficie (viviente)	128–352	22–63	93–208	42–185	39–79
Tronco y corteza	90–182	14–38	71–136	34–108	31–51
Porcentaje					
Peso seco					
Sobre la superficie	3.49	0.35	2.55	1.64	0.83
Tronco y corteza	0.71	0.08	0.96	0.86	0.25

Fuente: Chijioke 1980.
 N = Nitrógeno. K = Potasio. Mg = Magnesio. P = Fósforo. Ca = Calcio.

suelos de los trópicos muy probablemente se debe a que el suelo no es capaz de convertir los nutrimentos no disponibles en disponibles, para cubrir las exigencias del árbol, o a que la mineralización es demasiado lenta. En ningún momento vio la disminución como consecuencia de la ausencia de nutrimentos esenciales. En las plantaciones de pinos no encontró evidencias de que la disminución del crecimiento en rotaciones posteriores se debiera a pérdidas de nutrimentos en el suelo a causa de las cosechas; más bien la falta de humedad en el suelo sí podría ser un factor limitante. Recomendó que: 1) se dejaran los desechos en el sitio; 2) no se efectuaran quemaz; 3) se efectuara un monitoreo continuo de los

nutrimentos en el suelo; 4) se efectuaran ensayos de fertilización en suelos marginales.

Relaciones genéticas

Los administradores de plantaciones forestales deben reconocer que este es un cultivo muy variable, no sólo entre sitios y entre especies, sino aún entre árboles. Las especies arbóreas se diferencian por procedencias. Las especies de distribución amplia generalmente son menos uniformes que las de distribución restringida (Lines 1968). La responsabilidad del manejo es aprovechar estas variaciones para mejorar los cultivos futuros.

Cuadro 7-12.—Niveles de nutrimentos en plantaciones de *Pinus caribaea* de seis años en Surinam y Brasil

Índice	Nutrimentos principales				
	N	P	K	Ca	Mg
Kilogramos por hectárea					
Contenido de nutrimentos					
Sobre la superficie (viviente)	197	33	46	78	25
Tronco y corteza	99	21	31	25	17
Porcentaje					
Peso seco					
Sobre la superficie	1.93	0.13	0.60	1.05	0.28
Tronco y corteza	0.37	0.03	0.17	0.22	0.08

Fuente: Chijioke 1980.
 N = Nitrógeno. K = Potasio. Mg = Magnesio. P = Fósforo. Ca = Calcio.

La manipulación genética llamada “mejoramiento del árbol” tiene mucho que ofrecer al encargado de la plantación. El potencial genético de las poblaciones arbóreas varía tan extensamente, que el mejoramiento a menudo produce árboles con características que no se encuentran en la naturaleza (Zobel 1972). La mejora de los árboles puede resultar no sólo en rendimientos más altos, sino también en que los árboles se adapten más a sitios marginales y sean más resistentes a plagas y enfermedades. Una vez mejorada la constitución genética de los árboles no es necesario repetir la manipulación genética, pero con más manipulaciones quizás se obtengan mayores ganancias.

Naturaleza de la variación genética. Aparentemente, la forma del árbol es una característica más heredable que la capacidad de crecimiento. Estudios con *Cupressus lusitanica* en Kenia (Dyson 1966) demostraron que el tamaño del árbol era un criterio muy pobre para la selección de árboles de cultivo. Un estudio de 11 procedencias de *Tectona grandis* en Tanzania demostró que la rectitud del fuste y la altura del árbol a los cinco años se relacionaban con la procedencia, mientras que el dap no (Person 1971). Si las primeras semillas de teca que se plantaron en Trinidad hubieran venido de Travancore, India, en vez de Tenassarim (Myanmar, hoy en día), la especie quizás se hubiera considerado un fracaso por su mala forma, gran ramificación y crecimiento lento (Beard 1948). Los árboles de *Gmelina arborea* del África occidental (en sitios como Enugu, Nigeria) tienen mejor forma que los de otros sitios (Anón. 1959d). A los cuatro años, ensayos de 22 procedencias de *Swietenia macrophylla* y *S. humilis* en Puerto Rico establecieron diferencias entre las distintas procedencias (Geary 1969).

Un estudio ingenioso con teca en Nigeria demostró lo inapropiado que es seleccionar árboles padres sólo por su vigor aparente (Wyatt-Smith y Lowe 1972). Se seleccionaron 34 pares de árboles dominantes y suprimidos en una plantación no raleada de 14 años. Los árboles dominantes tenían un dap promedio de 23,8 cm; los suprimidos, 13,6 cm. Todos fueron injertados, y se comparó el crecimiento en altura al cabo de un año. Después de eliminar las variaciones en vigor y mortalidad, no se encontraron diferencias significativas en la altura de los clones.

Wyatt-Smith y Lowe concluyeron que la capacidad de heredar el vigor es baja, y si no se puede demostrar en el material vegetativo, es aún menos demostrable en la

progenie. Concluyeron, además, que el vigor aparente no es un indicador efectivo de un genotipo superior, porque las influencias ambientales casi siempre logran sobrepasar a los rasgos hereditarios.

Esta baja capacidad para heredar el vigor aparente tiene implicaciones importantes (Wyatt-Smith y Lowe 1972). Si el ambiente es casi de total importancia en la determinación del crecimiento de un árbol, los expertos deben poder elegir y cultivar árboles que se tornarán dominantes, sin miedo a un deterioro disgénico del rodal. La cosecha de los árboles aparentemente “mejores” en un rodal natural, sin embargo, no debe dejar árboles suprimidos genéticamente inferiores.

Un estudio en la India (Champion 1930) probó que, aparte del vigor aparente, los árboles pueden heredar otras características, al comprobar que el fuste retorcido de la teca no depende del suelo ni del tratamiento (Cuadro 7-13).

La ocurrencia de líderes sin ramas (cola de zorro) en los pinos de los trópicos se debe en parte, al clima y otras consideraciones del sitio, pero también a factores genéticos (Anón. 1960b). Bajo condiciones favorables, *P. merkusii* en Indonesia produjo este tipo de crecimiento entre el 0 y el 30% de los casos, debido a características del suelo (Hamzah y Natawiria 1974). En Malasia, Greathouse (1973) descubrió que la ocurrencia de cola de zorro en *P. caribaea* variaba del 30% en un buen sitio, a 47% en un sitio pobre. Sin embargo, el carácter

Cuadro 7-13.—Torceduras en la progenie de teca en relación con la fuente de semillas en India

Fuente de semillas		Progenie con torcedura máxima de 7°+ (%)
Árbol pariente	Árboles vecinos	
Importado		
Derecho	Derechos	1
Local		
Derecho	Derechos	25
Derecho	Torcidos	36
Torcido	Derechos	59
Torcido	Torcidos	65

Fuente: Champion 1930.

Nota: Regeneración natural de árboles torcidos en el bosque = 72.

heredable de esta característica en *P. caribaea* es suficiente como para que se evite su selección (Ledig y Whitmore 1981). Además, los árboles que la heredan, producen más bifurcaciones y ramas de mayores diámetros.

Generalmente, los árboles con cola de zorro se consideran inferiores y se los ralea. Sus ramas grandes, ampliamente espaciadas en forma de espiral los hacen susceptibles al daño causado por el viento. Sin embargo, en un estudio con *P. caribaea* en Malasia, los árboles con colas de 2,15 m o más, eran más altos que los árboles normales a los seis años en buenos sitios (Greathouse 1973). Lo contrario sucedía en los sitios pobres.

Una observación común en los ensayos de procedencias es que existen variaciones en el momento de la aparición del follaje, las cuales supuestamente reflejan las diferencias climáticas del sitio de origen. Un ensayo en Nigeria con *Cedrela* proveniente de Argentina, Belice, Brasil, Costa Rica, Cuba, Jamaica, México y Puerto Rico demostró que en verdad estas variaciones existen. Se formuló, por lo tanto, la hipótesis de que quizás estas variaciones afectan la tasa de crecimiento, debido a las ganancias por la correlación entre aparición del follaje y período de lluvias en la zona donde la especie se ha introducido (Omogiola 1972).

Las semillas recolectadas en plantaciones locales exitosas pueden producir mejores resultados que la primera generación de semillas importadas. La identificación de las mejores fuentes de semilla local debe ser, entonces, una prioridad para el administrador de la plantación. La gran variabilidad observada en Zambia sugirió la posibilidad de que la fertilización provoque distintas reacciones en eucaliptos individuales (Hans y Burley 1972).

No es raro ver híbridos de especies creciendo juntos en plantaciones, particularmente de *Eucalyptus*. Algunos híbridos muestran un vigor superior al de ambos padres, pero la variabilidad de todas las características es un resultado frecuente, que se acentúa en las generaciones posteriores (Hans 1974). Las características fuertemente heredadas de *Eucalyptus* incluyen: la tasa de crecimiento (a diferencia de la teca), según Wyatt-Smith y Lowe (1972); el carácter de la madera, según Pryor (1956), la resistencia a gran cantidad de insectos defoliadores en su país de origen. En Australia, muchas especies de *Eucalyptus* abarcan grandes extensiones, pero ocurren en pequeños grupos aislados, dando raíz a híbridos dentro

del grupo (pero con toda probabilidad no entre los distintos grupos). Esto sugiere una fuente de diversidad que vale la pena investigar (Pryor 1956).

Las variaciones en las propiedades de la madera y las posibilidades de mejoramiento genético comúnmente se dan por supuestas, o se espera que resulten de la mejora de otras propiedades, como la forma del árbol. Aunque el aumento del volumen de producción es generalmente más importante que la mejora de la calidad de la madera, ambos aspectos se pueden manipular en forma independiente, por lo que se pueden mejorar al mismo tiempo (Zobel y Kelliston 1973). Por ejemplo, la gravedad específica y el grosor de la pared de las células traqueidas de la madera madura (células no perforadas) son importantes para el rendimiento de la madera y la calidad de la pulpa y fabricación de papel. Ambas características son suficientemente heredables como para permitir ganancias económicas importantes con la manipulación genética. En *P. caribaea*, la gravedad específica se puede aumentar entre 50 y 80 kg/m³ mediante la manipulación (Zobel y Kelliston 1973).

Cuando *S. macrophylla* y *S. mahagoni* se hacen crecer juntas, como lo hacen en Cuba y en Puerto Rico, se desarrolla una forma intermedia que constituye un híbrido, que produce a la vez, una generación F2 con las especies segregadas de *S. mahagoni* y *S. macrophylla* y un híbrido F1 (Marquetti et al. 1975). La forma intermedia se considera superior a las otras en ciertos sitios secos (Briscoe y Nobles 1966). La variación natural de la madera de *S. macrophylla* en Bolivia resultó en que se reconocieran cuatro distintas razas con una gama de gravedades específicas que variaba del 0,55 al 0,71 (Irmay 1949).

Los siguientes ejemplos demuestran la gran variabilidad del género *Prosopis*; todas son especies estrechamente relacionadas, *P. chilensis*, *P. chilensis glandulosa*, *P. glandulosa* y *P. juliflora* (Magini y Tulstrup 1955). De estas, las especies que provienen de las zonas áridas son útiles bajo condiciones muy secas; las de México son resistentes a las heladas; las de Argentina producen el mejor forraje; las de Perú requieren buen drenaje, y las de Argentina son las mejores en plantaciones irrigadas.

No sólo la madera de la teca es variable en cuanto a durabilidad; se ha comprobado la variabilidad de muchos árboles a través de su ámbito de distribución natural, que sugiere que los factores genéticos son en gran parte responsables de este resultado (Da Costa et al. 1961).

Pruebas de procedencias de *P. caribaea* en Transvaal y Zululandia, África del Sur, a los 16 y 17 años demostraron que los árboles de semillas procedentes de latitudes más altas producen volúmenes inferiores de madera, pero tienen mejor forma (Falkenhagen 1979).

Posibles ganancias genéticas. Los intentos por mejorar árboles en plantaciones forestales tropicales son de carácter local y relativamente recientes, por lo que las ganancias que se podrían lograr todavía no se han comprobado; no obstante, la información limitada sugiere que estas ganancias pueden ser grandes.

La selección en masa en plantaciones de seis a nueve años de *P. elliotii* en Queensland, Australia produjo mejoras evidentes de la progenie, en cuanto a volumen y rectitud del fuste (Nikles 1966). La selección fenotípica de los árboles padres resultó ser muy confiable. De los 400 árboles más vigorosos y bien formados por hectárea, los padres seleccionados en masa sólo rara vez produjeron progenie cuyas ganancias no fueran significativas, en comparación con el testigo. Además, esa progenie nunca fue inferior a la de control. Si bien se obtuvieron ganancias a partir de la progenie de padres seleccionados que se habían polinizado a campo abierto, las ganancias más espectaculares provinieron de la polinización controlada de los mismos árboles.

En Australia, *P. elliotii* de 13 años proveniente de árboles seleccionados de polinización cerrada tuvieron ganancias del 6% en altura total, 21% en rectitud del fuste y 22% en volumen por unidad de área (Anón. 1972a).

Un resumen de las ganancias genéticas producidas con la manipulación de árboles en los trópicos enumera, entre otras, troncos limpios y cilíndricos, tallos derechos, madera y pulpa de calidad, ramas más finas, copas más compactas y una menor cantidad de madera reactiva (Venkatesh 1976). Indicó que la selección en masa por sí sola casi había duplicado los rendimientos de *Eucalyptus* en Brasil, de 60 a 112 m³/ha/año. Simplemente con convertir rodales plus (con material previamente seleccionado) en áreas de producción de semillas, eliminando todos los árboles indeseables, se puede aumentar la productividad del 5 al 10%. Los huertos semilleros establecidos a partir de árboles plus sobresalientes pueden aumentar la productividad entre 10 y 20% en la primera rotación; con *P. caribaea* estos

huertos han proporcionado ganancias de hasta 50% en tallos derechos.

La selección de 25 árboles plus de ocho especies en Tanzania produjo plantones con un crecimiento 10% más rápido que los plantones de semillas no seleccionadas (Vaclav y Skoupy 1973).

Venkatesh (1976) indicó que es mucho más fácil establecer huertos semilleros con plantones, pero la ganancia que producen es sólo la mitad de la que se obtiene con viveros clonados. Los viveros establecidos con árboles de progenie comprobada pueden ganar entre 35 y 45%. La hibridación de dos especies estrechamente vinculadas es otro enfoque de ganancia genética. Híbridos de *E. camaldulensis* y *E. tereticornis* en la India mostraron a los cuatro años un aumento del 30% en el crecimiento en altura y 80% en incremento del dap, en relación con cualquiera de las dos especies. La hibridación también promete una mejor adaptabilidad al drenaje pobre, a la salinidad y a la sequía, además de mayor resistencia a las plagas y enfermedades. La hibridación de *P. caribaea* y *P. elliotii* en Australia produjo un híbrido F1 mejor adaptado a sitios pantanosos que cualquiera de sus padres (Slee 1969), y además, mantuvo la tasa de crecimiento rápido de *P. caribaea*. En Australia, se registraron ganancias en volumen a los seis años debidas al vigor del híbrido (Cuadro 7-14). Es interesante observar que los árboles sin fertilizar son los que exhiben el mayor porcentaje de ganancias, a partir de la hibridación.

La selección de árboles plus de *Cupressus lusitanica* en Kenia, a razón de uno por cada 206 400 árboles plantados produjo un aumento en el crecimiento del tronco del 125% y mejoras correspondientes en otras características del árbol (Cuadro 7-15).

Se esperan mayores ganancias con la hibridación de existencias superiores. Por ejemplo, un injerto de *Cedrela* en una cepa de *Toona* es resistente al gusano barrenador de brotes *Hypsipyla grandella* (Grijpma 1976). Ya que las larvas de los insectos mueren al barrenar los tejidos de *Toona*, se ha postulado que la resistencia de la especie se debe a una sustancia tóxica.

Sin embargo, si las ganancias genéticas implican una disminución de la diversidad del germoplasma, puede aumentar el riesgo de problemas relacionados con plagas y enfermedades (Gibson y Jones 1977).

Cuadro 7-14.—Vigor híbrido de *Pinus caribaea* y *P. elliottii* en Australia

Existencias	Volumen medio (m ³ /cien árboles)			
	Sin fertilizante	P	NP	NPK y Cu
<i>P. elliottii</i> and <i>P. caribaea</i>	3.8	38.9	34.0	38.4
Híbrido	9.6	60.0	59.5	43.6
<i>P. elliottii</i> and <i>P. hondurensis</i>	3.3	43.5	39.2	30.9
Híbrido	14.7	75.6	68.0	53.2
<i>P. caribaea</i> and <i>P. hondurensis</i>	1.7	33.4	25.6	20.2
Híbrido	6.5	52.7	38.8	34.0
Ganancia medio, porcentaje	250.0	63.0	68.0	46.0

Fuente: Anón. 1972b.

Nota: NPK y Cu = Nitrógeno, fósforo, potasio y cobre.

P. caribaea = *P. caribaea caribaea*. P. hondurensis = *P. caribaea hondurensis*.**Consideraciones económicas en el mejoramiento**

genético de árboles. Los gastos controlables claves en una plantación forestal son los costos de establecimiento, la seguridad del cultivo y el tiempo. El mejoramiento genético puede beneficiar a los tres. Si una especie arbórea es suficientemente variable como para reaccionar a la selección, y es ampliamente usada, es posible que aún los beneficios mínimos sobrepasen en mucho los costos del mejoramiento (Carlisle y Teich 1975).

La utilización de la madera es un buen punto para invertir en mejoramiento. La gravedad específica es la propiedad más importante de la madera para la

manufactura de pasta papelera y papel en el sur de EE.UU. (van Buijtenen *et al.* 1975). Cuando las rotaciones son a corto plazo es deseable tener árboles con gravedad específica alta, pues generalmente es más caro refinar o usar aditivos para modificar las propiedades del papel, que lograr el mismo resultado usando la genética o la silvicultura.

Un aspecto económico importante del mejoramiento es la capacidad de predecir desde un inicio el desempeño posterior del árbol. En las pruebas de procedencias de *P. caribaea* en Transvaal y en Zululandia, las características genéticas posteriores estaban fuertemente correlacionadas con características ya evidentes a los ocho años (Falkenhagen 1979). Por lo tanto, quizás sea conveniente esperar hasta obtener resultados con las pruebas de progenie, antes de realizar programas extensos de plantación (Champion 1943).

El mejoramiento del árbol como un aspecto del manejo.

Al igual que la silvicultura, el mejoramiento del árbol debe considerarse parte integral del manejo forestal. Una amplia base genética es tan importante como el desempeño de un fenotipo. A la larga, las prácticas silvícolas, cuyo enfoque principal se centra en un crecimiento rápido, podrían comprometer la productividad, produciendo un exceso de madera con características juveniles y relaciones desfavorables de madera juvenil y madura (Bevege 1976).

Cuadro 7-15.—Ganancias obtenidas con la selección en *Cupressus lusitanica* en Kenia

Característica	Ganancia (%)
Volumen del fuste	125
Rectitud del fuste	30
Reducción de cancro y acanalado	85
Reducción de ramas por fuste	13
Mejora del ángulo de la rama	42
Índice de nudosidad	45

Fuente: Dyson 1969.

En Australia, los árboles de *P. caribaea* en plantaciones desarrollan poca madera madura, en comparación con los árboles que ocurren en forma natural, y son, por lo tanto, de una densidad mucho menor (Hughes 1968a). Esto puede reducir su valor para la construcción pesada, aunque sí es apropiada para la ebanistería. La madera para pasta papelera proveniente de plantaciones de crecimiento rápido de *P. caribaea* es de una calidad superior que la de bosques naturales. La gran variabilidad natural que esta especie exhibe es, en parte, de carácter genético. El manejo debe clasificar y controlar estas propiedades genéticas para mejorar la utilización (Hughes 1968a).

Las plantaciones se convertirán en las fuentes más importantes de material genético, a medida que el abastecimiento futuro de madera depende cada vez más de los árboles plantados. Al completarse las colecciones de material genético, las mejores fuentes de genes provendrán de plantaciones. Como parte íntegra del manejo, se ha sugerido el almacenaje de distintas fuentes en parcelas de 10 ha (Willan 1973). Debido al valor de este material para la producción futura, la plantación le dará una mayor protección que a campo abierto. Aunque no será posible salvaguardar todo, se debe conservar algo más que sólo los mejores árboles (Zobel 1978a): se deben preservar las *características* de cada procedencia como unidades separadas, mediante la conservación de muchos árboles representativos.

Cómo efectuar el mejoramiento de los árboles. Antes de comprobar si el mejoramiento forestal de ciertos árboles es de carácter práctico, se debe aplicar una selección inter-específica para eliminar los árboles indeseables, a nivel de especie. De ese modo, es posible que las características del genotipo y fenotipo dentro de la especie estén relacionadas y recompensen la selección con buenas características visibles.

El mejoramiento se debe hacer en una secuencia de pasos progresivos cada vez más intensivos, que incluyen algunos o todos los siguientes (Cooling 1967, Jones, N. 1967):

- Identificar el origen de la semilla de los árboles establecidos.
- Asegurar, a partir de una gama de procedencias, una base genética adecuada para una buena selección.

- Comparar el desempeño de árboles de distintas procedencias.
- Seleccionar rodales de características superiores.
- Mientras no se cuente con fuentes de semillas apropiadas, usar los rodales superiores identificados.
- Seleccionar fenotipos superiores.
- Usar plantones de polinización controlada, de muchos fenotipos superiores para establecer huertos semilleros temporales.
- Seleccionar los plantones de polinización controlada o la progenie de propagación vegetativa (incluyendo cultivo de tejidos) de fenotipos superiores; preservar los mejores en una colección de clones.
- Usar plantones o propagación vegetativa para desarrollar (a partir de la selección de progenie) huertos semilleros clonados, adecuados para una plantación en gran escala.
- Continuar la búsqueda de fenotipos sobresalientes para una mejora futura, e incluir nuevos y mejores genes en la colección de clones y huertos semilleros.
- Comprobar mediante análisis el potencial de los híbridos.

Una etapa inicial e importante en el desarrollo de árboles superiores es el establecimiento de fuentes temporales de semillas (Kelliston 1969), que han de servir hasta que los huertos semilleros alcancen la etapa de producción comercial. Estos son rodales plus donde se han eliminado los fenotipos indeseables y alrededor de los cuales se han colocado barreras de aislamiento para protegerlos contra el polen de afuera. La progenie de tales zonas generalmente no ha sido comprobada, así que faltan las pruebas de superioridad. Sin embargo, la experiencia ha demostrado que los árboles de semillas recogidas en tales zonas son superiores a las de parcelas comerciales en cuanto a uniformidad, forma y resistencia a las plagas (Kelliston 1969).

Donde se espera establecer plantaciones de 75 000 ha o más, se deben establecer huertos semilleros diseñados para maximizar el emparejamiento de árboles

seleccionados por sus características deseables. Para un huerto semillero se necesitan al menos 25 clones, preferiblemente de 50 a 100; deben ser plantados al doble de la densidad final y dispuestos al azar para asegurar la separación de los rametos de cada clon. La fertilización y la irrigación pueden estimular la floración.

Todas las características no son totalmente heredadas, como lo indica el ejemplo del vigor de *Tectona grandis* (Wyatt-Smith y Lowe 1972). Por lo tanto, si se desea lograr resultados óptimos se debe determinar lo antes posible en el proceso de selección, hasta qué punto las distintas características son heredables, porque la selección de ciertas características podría impedir que se favorezcan otras.

En África oriental, el proceso de selección comenzó con plantaciones de pino de al menos diez años de edad y diez metros de altura o más (Dyson y Paterson 1966). El personal de campo hizo la primera selección con base en fustes rectos y cilíndricos, copa estrecha, ausencia de enfermedades, fertilidad y tamaño relativo en relación con cinco árboles cercanos. Otras características que se consideran valiosas son: persistencia del líder, simetría de la copa, pequeñez de las ramas, ángulo estrecho de las ramas, buen podado natural, declinación leve del tronco, ausencia de ramas epicórmicas, y cantidad mínima de raíces tabulares (Jones, N. 1967). En árboles seleccionados al azar se debe comprobar: los anillos de crecimiento, el porcentaje de madera madura, el largo de la fibra, la densidad y el ángulo del veteado. La calidad de la madera es un criterio de selección importante, tanto como la forma y tipo de ramificación (Hughes 1973).

Los criterios de selección de *P. caribaea* en Surinam (Teunissen y Voorhoeve 1973) incluyen los siguientes:

- Hábito, rectitud, falta de bifurcación, copa llena, diámetro y altura por encima de los árboles vecinos.
- Ramas que salen a un ángulo de 90° del tronco.
- Nódulos que no resaltan demasiado.
- Florecimiento completo más tarde que el promedio y de abundancia mediana.
- Pocos verticilos por metro de fuste.

- Pocas ramas por verticilo.
- Baja razón entre diámetro de las ramas y diámetro del tallo.
- Alta razón entre circunferencia a media altura y circunferencia a un décimo del largo.

En Australia, los criterios de selección han incluido propiedades aceptables de la madera, como un mínimo de grano en espiral, fibra larga y densidad básica moderada (Anón. 1968b).

En Ghana, la selección de árboles plus de calidad de exportación entre géneros nativos, como *Afrormosia*, *Entandrophragma*, *Khaya*, *Tarrietia*, *Terminalia* y *Triplochiton*, ha sido guiada por los siguientes criterios (Britwum 1970): 1) tronco con gambas pequeñas, libre de acanalados, torceduras y otras irregularidades; 2) tronco de 30 m o más; 3) sin evidencia de grano en espiral; 4) ramas pequeñas con buena poda natural; 5) ausencia de enfermedades o daños. Con los árboles seleccionados de esta manera se establecieron los huertos semilleros.

Los empeños para mejorar los árboles de *E. deglupta* comenzaron con la colección de semillas de todas las variantes aparentes en su ámbito de distribución natural (Davidson 1973b). Cuando las pruebas de procedencias alcanzaron entre 11 y 20 años de edad, se seleccionaron los árboles superiores con base en el vigor, forma y densidad de la madera. Luego, se establecieron huertos semilleros con las semillas de fenotipos seleccionados, después de eliminar el material inferior. El espaciamiento del huerto fue amplio para fomentar la producción de semillas. También se establecieron huertos de clones mediante esquejes e injertos de los fenotipos sobresalientes.

A partir de su experiencia con *E. deglupta*, Davidson (1973b) llegó a conclusiones de aplicación general. Debido a que el potencial del crecimiento de la especie parecía en general adecuado, el objetivo era lograr la uniformidad. Ya que se habían determinado bajos rendimientos de celulosa, esta era una oportunidad valiosa para mejorar esta característica. La densidad de la madera era muy variada; otra característica susceptible de mejoramiento. Sin embargo, ya que la densidad de la madera es afectada por la tasa de crecimiento, el

objetivo principal debía ser la uniformidad. La variación del largo de la fibra fue poco variable y no justificaba mucha atención.

El momento de floración y otros factores favorecen la autopolinización de los eucaliptos (Eldridge 1976). Casi todas las especies ensayadas se autopolinizan hasta cierto punto. Hasta que los sistemas para el mejoramiento de los eucaliptos y las consecuencias de la selección se entiendan mejor, se debe suponer que una gran cantidad de emparejamientos no ocurre al azar con bajas condiciones heredables; por consiguiente, los programas de mejoramiento deben enfatizar la selección a nivel de familia y no de fenotipos individuales (Eldridge 1976).

La intensidad de la selección en masa debe variar con el tamaño y la calidad de la fuente de semillas y el propósito de la colección. Para plantaciones pequeñas (o dentro de aquellas que ya se han mejorado y son más uniformes desde el punto de vista genético), se puede seleccionar hasta un quinto de los árboles (Nikles 1973); pero en plantaciones sin mejorar para establecer huertos clonales no comprobados sólo se requiere uno entre 24 000 árboles. Ensayos semejantes a partir de bancos de clones y pruebas de progenie polinizada en campo abierto con *Cupressus lusitanica* y *P. patula* en Colombia han seleccionado hasta uno entre 82 000 (Gutiérrez y Ladrach 1978).

El espaciamiento en zonas de producción de semillas es crítico para el rendimiento. La cantidad de polen producido por plantaciones de 13 a 16 años de edad de *P. taeda* en Australia fue mayor con 262 árboles por hectárea y menor con 608 árboles por hectárea (Cuadro 7-16).

La producción de conos refleja no sólo la disponibilidad del polen sino también el éxito de la polinización. Florence y McWilliam (1956) descubrieron que la producción de conos de *P. taeda* en Australia había reaccionado significativamente a la calidad del sitio. Los efectos del espaciamiento sobre la producción de conos en una plantación de 13 a 16 años de *P. elliottii* y *Araucaria cunninghamii* en Australia se muestran en el Cuadro 7-17. La cantidad de semillas de *P. elliottii* por cono varió con la disponibilidad de polen, disminuyendo en rodales densos donde había una cantidad muy reducida de polen. A densidades de 140 a 450 árboles por hectárea, el promedio de semillas por cono fue de 100; y con una densidad de 790 árboles por hectárea sólo se produjeron 86 semillas por cono (Florence y McWilliam 1956). Estos estudios recomiendan espaciamientos de 7,3 m x 7,3 m, o 187 árboles por hectárea en zonas raleadas para la producción de semillas. A los 20 años, los rodales plus raleados hasta lograr estos espaciamientos debían rendir 62 conos de *P. elliottii* por árbol y 28 kg de semillas viables por hectárea, y 70 conos de *A. cunninghamii* por árbol y 1120 kg de semillas viables por hectárea (Florence y McWilliam 1956).

Los huertos se pueden plantar en forma densa, con el fin de separar algunos de los genotipos más adelante (Shelbourne 1973). Una vez que se han completado los ensayos de progenie, se puede establecer un nuevo huerto con los árboles que presentan las mejores posibilidades de combinar las características seleccionadas.

En el neotrópico se trabaja fuertemente en la selección de procedencias. En 1962, se ensayaba con acodado al aire de *P. caribaea* en Trinidad como inicio de ensayos de clones (Chalmers 1962). En 1976, en Brasil se ensayaba con tres variedades de *P. caribaea*, además de *P. elliottii densa*, *P. kesiya*, *P. oocarpa* y *P. pseudostrobus*; 31 procedencias, en 13 lugares distribuidos en tres estados. México tiene un programa similar al de Brasil (Patiño 1976).

Cuadro 7-16.—Producción de polen de *Pinus taeda* en relación con el espaciamiento de huertos semilleros de 13 a 16 años en Australia

Número de árboles por hectárea	Amentos machos ^a	
	Por árbol (miles)	Por hectárea (cientos de miles)
128	60	78
163	57	93
262	50	132
403	24	95
608	3	19
1,902	2	42

Fuente: Florence y McWilliam 1956.

^aLos amentos son espigas de flores unisexuales sin pétalos.

Cuadro 7-17.—Efecto del espaciamiento en la producción de *Pinus elliottii* and *Araucaria cunninghamii* en Australia

No. de árboles por hectárea	No. de conos por árbol	Conos por hectárea (miles)
<i>P. elliottii</i>		
148	40–120	5.5–16.5
198	32–85	6.4–17.6
445	8–45	3.6–20.8
790	2–14	1.6–16.2
<i>A. cunninghamii</i>		
247	54–85	13.2–21.1
445	32–65	12.1–28.9
692	11–44	6.8–30.1
939	11–18	9.4–17.2
1,423	5–8	5.3–10.8

Fuente: Florence y McWilliam 1956.

Rotación

Una buena rotación es básica para la planificación y el manejo de una plantación. Refleja el tamaño del árbol requerido para la cosecha final y el período de crecimiento esperado para lograrlo. Sin embargo, en los trópicos las plantaciones rara vez se han establecido con el fin de satisfacer demandas futuras. En consecuencia, la plantación se hace al cálculo, fijando tentativamente el tamaño final del árbol y la rotación, debido a cambios imprevistos del mercado, fluctuaciones económicas o tasas de crecimiento no comprobadas. Esta incertidumbre no va en contra de una planificación racional; simplemente confirma que el primer cultivo en cualquier sitio no necesariamente crece según lo establecido por las fuentes mejor informadas. A esta incertidumbre se añade la gama de diámetros cada vez más amplia a medida que la plantación crece, lo que sugiere distintos períodos de crecimiento en rodales distintos. Las restricciones de mercado para árboles pequeños -por mucho tiempo un serio obstáculo a la silvicultura intensiva en el trópico- se han reducido hasta tal punto que algunas rotaciones se han acortado drásticamente.

Se reconocen varios tipos de rotaciones (Fenton 1968); una rotación física para satisfacer una necesidad real o anticipada; una rotación silvícola para optimizar la regeneración natural; una rotación técnica para productos específicos; una rotación de producción máxima para obtener un rendimiento máximo por año

de madera comercial; y una rotación financiera para generar el mayor rendimiento posible de un área forestal.

En el caso de la leña, la rotación financiera tiende a ser más larga que la rotación de producción máxima porque es más barato cosechar árboles grandes que pequeños, pero tiende a ser más corta que la rotación de la producción máxima de árboles grandes debido al costo de las inversiones. Es posible que la duración de la rotación financiera se extienda al subir pronunciadamente el valor de los árboles de diámetro más grande.

Es deseable seleccionar una rotación desde el principio, aunque en ese momento puede ser una decisión arbitraria, porque pocos estudios documentan los costos y reacciones ante prácticas como el raleo, y los efectos del tamaño y la edad del árbol en la calidad y valor del producto (Fenton 1968).

La variedad de mercados ha producido grandes diferencias en el largo de la rotación. Cuando el producto es madera para leña, las rotaciones no deben exceder el tiempo necesario para lograr la culminación del incremento medio anual. Las limitaciones principales en este caso son la gran proporción de corteza y el costo del manejo de árboles pequeños. Para *Leucaena leucocephala* se recomendaron rotaciones de sólo 2 a 3 años desde hace mucho tiempo (Matthews 1914), con

un dap promedio de 5 cm y una altura de sólo 3 m. Estudios más recientes de las variedades gigantes de *Leucaena* muestran un triple aumento de la biomasa por árbol entre el tercer y cuarto año (1,7 a 5,5 kg), lo que sugiere una cosecha más tardía si se logra un crecimiento sostenido por unidad de área (Pathak *et al.* 1981).

Casuarina equisetifolia, comúnmente usada como leña en el trópico oriental, ha sido manejada con una rotación de seis a diez años (Raghavan 1947). Al otro extremo está la teca en lo que hoy es Myanmar, durante la década de los 1950, con una rotación de 150 años para árboles de 70 cm dap en sitios húmedos y 60 cm en sitios secos (Aung Din 1957). Dos factores tienden a reducir las rotaciones largas: la creciente escasez de madera grande en los bosques naturales ha hecho que el mercado se ajuste a árboles de menor tamaño; también, el aumento de la población y la demanda regional por productos de madera menos especializados han permitido cortas intermedias, con lo que disminuye la duración media de la rotación.

La especie africana *Aucoumea klaineana*, una fuente valiosa de madera de enchapar, se ha plantado extensamente en Gabón (Catinot 1962). Los raleos provocaron rebrotes vigorosos que condujeron a estudios sobre el posible uso como madera para pulpa. En plantaciones de 750 árboles por hectárea, el volumen de madera se duplicó entre el 7º y 10º año, y otra vez más entre el 10º y el 18º año (Leroy-Deval 1975). Sin embargo, debido a que el crecimiento real comenzó a reducirse después del 11º año, se llegó a la conclusión que la mejor rotación para obtener madera para pulpa se hallaba entre el 11 y 12 años.

Calidad de la madera. A medida que la rotación aumenta, se reduce el porcentaje de duramen de baja calidad y el porcentaje de madera de fibra inclinada, particularmente en los pinos (Fielding 1967). De la misma manera, aumenta el largo promedio de la célula, la gravedad específica promedio (aunque puede disminuir en ciertas especies latifoliadas) y el porcentaje de duramen. Todas estas tendencias favorecen rotaciones más largas para madera de calidad.

Para la producción de papel, la rotación corta en especies latifoliadas tiene varias desventajas. La madera juvenil tiene un mayor porcentaje de madera reactiva,

aunque en rotaciones de al menos ocho años, la gravedad específica y los rendimientos de pulpa pueden igualar a la madera madura (Einspahr 1976). La energía requerida para moler la pasta y el tiempo de cocción son menores para la madera de rotación corta, aunque para las coníferas, los requisitos químicos quizás sean más altos. Sin embargo, la presencia de una mayor cantidad de corteza puede reducir el rendimiento en papel y la resistencia al rasgado.

Rotaciones con *Eucalyptus* en África del Sur (*E. grandis*, principalmente) han sido de: 6 a 10 años para postes, pulpa y postes para mina; 10 a 14 años para postes telefónicos, y 14 a 30 años para madera de aserrío y enchapado (Poynton 1981).

El crecimiento del árbol y del rodal ayuda a determinar la rotación óptima, aunque varían con el sitio, condición del rodal, especie y método de medición. Assman (1970) ha enumerado algunas fuentes universales de variación, entre ellas:

- La edad del árbol determina no sólo la tasa de crecimiento y rendimiento durante períodos limitados de crecimiento, sino también el rendimiento promedio para la edad promedio del árbol.
- Para cada categoría de edad hay más árboles en sitios pobres.
- Para cualquier altura media dada, hay una menor cantidad de fustes por unidad de área en sitios pobres.
- A la misma altura de corta, las especies exigentes de luz tienen menos representantes por unidad de área que las especies tolerantes.
- El diámetro medio del árbol es, en realidad, el promedio cuadrático que corresponde al área basal media del árbol. (Este promedio es aproximadamente el de un tronco de volumen medio).
- La altura dominante, una medida útil para estimar el volumen, es el promedio de los 100 árboles con mayor dap en una hectárea.
- El incremento del área basal puede culminar y declinar antes de alcanzar un rendimiento de importancia.

- El crecimiento en altura decrece naturalmente con la edad. La calidad del sitio se debe determinar por la altura de los árboles, y no por el rendimiento del cultivo.
- El factor de forma, un valor que convierte el producto del dap por la altura total en volumen, aumenta con la edad, como un promedio del rodal.
- El crecimiento del volumen resulta del efecto combinado del incremento en área basal y altura, además de los cambios en el factor de forma.
- El incremento medio anual (IMA) del rodal comienza a declinar mucho antes que el IMA de los árboles individuales.

Por lo general, la rotación es determinada por la interacción de varios parámetros que cambian con la edad de la plantación. Los parámetros altura, diámetro, área basal y volumen aumentan, y cada uno culmina más tarde en la vida de la plantación que su predecesor. Los promedios culminan aún más tarde.

La rotación a menudo se basa en la edad en que el crecimiento alcanza un punto equivalente al IMA, el cual es el punto máximo; sin embargo, dos parámetros económicos pueden influir en las decisiones relativas a la rotación. Para la mayoría de los usos, cuanto más grande el árbol, tanto más valiosa la madera por unidad de volumen, lo que significa que los aumentos actuales y medios del valor culminan más tarde que el incremento del volumen. Por otra parte, los cargos de la inversión suben más rápido ya que el interés es acumulativo, lo que tiende a acortar las rotaciones con el fin de obtener rendimientos máximos. A estos factores se deben añadir, además, las influencias locales, como el riesgo de pérdida de árboles, la fluctuación de los precios, el rendimiento *versus* la frecuencia de los costos de regeneración y las necesidades especiales del propietario.

Un estudio efectuado en Nigeria con las principales especies latifoliadas demostró que el crecimiento actual del área basal culmina mucho antes que las maderas de calidad alcancen tamaños comerciales (Lowe 1970). Para *Tectona grandis*, *Terminalia ivorensis* y *Triplochiton scleroxylon*, el crecimiento del área basal por árbol culmina entre los siete y ocho años; para *Nauclea diderrichii*, la culminación ocurre entre los 10 y 12 años.

El apéndice I presenta varios ejemplos de plantaciones con fechas significativas para la selección de la rotación.

Predicción del crecimiento. Como se indicó antes, las teorías de la fijación de energía sugieren que la síntesis potencial máxima de la madera seca puede alcanzar 60 t/ha/año (Dawkins 1964b). En la práctica, sin embargo, la producción máxima de madera seca sobre el nivel del suelo, incluyendo ramas, parece ser de 20 a 40 t/ha/año para *E. grandis*, *E. regnans*, *E. saligna*, *P. merkusii* y *P. radiata*, a altas elevaciones, con precipitación y suelos favorables (Dawkins 1964b). Cifras comparables de 20 t/ha/año se obtuvieron para *Agathis* y *Swietenia*, y de 10 a 15 t/ha/año para *Simarouba* y *Tectona*. Generalmente, no se espera que angiospermas tropicales como *Aucoumea*, *Maesopsis*, *Schefflera* y *Triplochiton* puedan rendir más de 5 a 10 t/ha/año de madera seca. Dawkins (1964a) concluyó que estos géneros nunca sobrepasan las 11 t/ha/año, y que el máximo usual es de menos de 8 t/ha/año, con una cobertura de copa del 90% (la máxima extensión posible). Tales rendimientos reflejan los efectos de usar los mejores genotipos y microambientes disponibles, mejores de lo que el manejo jamás podría esperar con la gama actual de genotipos. Las especies intolerantes y de madera liviana produjeron los rendimientos más bajos (Dawkins 1964b).

Muchos de los datos presentados en esta sección se tomaron de tablas de rendimiento; su derivación y uso merecen una descripción. El análisis siguiente ha sido adaptado de Vuokila (1965). Las tablas de rendimiento tienen que ver con el rendimiento que se puede alcanzar, no necesariamente con el rendimiento obtenido; son modelos y no necesariamente se aplican a un rodal específico. Ellas muestran el desarrollo progresivo del rodal a intervalos regulares, cubriendo gran parte de la vida útil en un sitio específico. Generalmente, muestran la cantidad de árboles, el dap, la altura de los árboles, el área basal y los rendimientos, incluyendo raleos.

Las tablas de rendimiento normal se refieren a rodales naturales de densidad completa que nunca han sido cortados. Estas son útiles como base de comparación. Las tablas de rendimiento empírico tienen que ver con las condiciones promedio del rodal real; algunas ofrecen rendimientos provenientes de rodales residuales después del aprovechamiento. Las tablas de rendimiento preliminar o provisional presentan grupos de datos para cada sitio bajo un tratamiento promedio. Las tablas de

rendimiento múltiple presentan el desarrollo del rodal bajo varios grados de cortas intermedias (raleos ligeros, pesados o bajos). Estas tablas deben ser revisadas a medida que las prácticas cambian.

Las tablas o funciones de rendimiento de densidad variable son más versátiles porque permiten predecir los resultados de cualquier tratamiento intermedio. Se basan en estudios de árboles y no de rodales, para los cuales se necesitan datos sobre crecimiento del árbol bajo una gran variedad de condiciones; luego, se deduce el desarrollo del rodal con base en el desarrollo de los árboles. Cuando están bien preparadas, estas tablas se pueden adaptar a cualquier bosque y a cualquier régimen de raleo.

Los siguientes criterios se han establecido en la zona templada para predecir el volumen y el crecimiento de los árboles (Assman 1970):

1. El volumen del árbol a partir del dap y la altura total (R , el coeficiente de determinación o el cuadrado del coeficiente de correlación = 0,99; o sea que explica el 99% de la variación).
2. El volumen del rodal a partir del área basal del rodal y la altura de los 100 árboles más grandes por hectárea ($R = 0,99$).
3. El incremento diamétrico a partir de la edad del rodal, la altura de los árboles dominantes, el dap de los árboles, el dap medio del rodal, el intervalo de raleos y el porcentaje del área basal eliminada por el raleo ($R = 0,93$).
4. El incremento en altura a partir del dap medio inicial del rodal, la altura inicial del árbol, la edad inicial y el dap inicial del árbol ($R = 0,94$).
5. El incremento del área basal a partir de la edad inicial del rodal, la altura de los 100 árboles más grandes por hectárea, el área basal inicial por hectárea, el porcentaje del área basal eliminada durante el raleo, el intervalo de raleos y el dap medio inicial del bosque ($R = 0,96$).
6. El incremento del volumen a partir de los siguientes parámetros: el IMA en dap entre raleos, la edad inicial del árbol, el dap inicial del árbol, la altura inicial y la altura media de los 100 árboles más grandes (en dap) por hectárea ($R = 0,93$).

Cuando se comparan los volúmenes en el campo, los trabajadores comúnmente suponen que todos los árboles tienen un factor de forma único. En África oriental, el mismo factor de forma fue aplicable a *Cupressus lusitanica*, *E. saligna* y *P. patula* (Osmaston 1961). En Uganda se desarrolló un “silve” para efectuar comparaciones rápidas de los volúmenes, el cual equivale al dap^2 (en pulgadas) multiplicado por la altura total (en pies) y dividido por 500 (Osmaston 1961). Esta ecuación varía de 0,96 para un árbol de 4 pulgadas dap y 30 pies de altura, a 138,24 para un árbol de 24 pulgadas dap y 120 pies de altura. En el sistema métrico, el silve correspondiente es dap^2 (en centímetros), multiplicado por la altura total (en metros) y dividido por 1000; o 1,0 para un árbol de 10 cm dap y 10 m de altura, y 144 para un árbol de 60 cm dap y 40 m de altura.

Tratamiento de la plantación

Sembrar las plantas es meramente un preludio al establecimiento de una plantación. Sólo en zonas excepcionales es posible asegurar mediante la siembra solamente, la supervivencia y el desarrollo de una plantación satisfactoria.

Protección. El primer requisito para el éxito de una plantación es protegerla de peligros, como incendios, pastoreo u otro daño producido por los animales, y las transgresiones de los seres humanos. Los vecinos del lugar pueden jugar un papel clave, previniendo, informando y controlando problemas de esta índole. Una manera de fomentar el apoyo es involucrarlos en el planeamiento y en las oportunidades de empleo que las plantaciones ofrecen. Si los incendios constituyen un serio problema, quizás sea necesario educar o convencer a los residentes sobre las consecuencias, además de entrenarlos y equiparlos para que puedan luchar como voluntarios contra los incendios.

Control de la vegetación. La experiencia a nivel mundial ha demostrado que se necesita un control del crecimiento de la vegetación indeseable (malezas), en la mayoría de los sitios forestales. Los árboles recién plantados tienen sistemas radiculares muy pequeños y acaban de sufrir el trauma del trasplante. En climas húmedos, las hierbas y las trepadoras tienden a ahogar aún a los árboles de crecimiento rápido, plantados en los sitios bien preparados. En climas secos, compiten por el agua escasa con los árboles que se han plantado. Un cierto control de la vegetación es esencial para el éxito de la mayoría de las plantaciones. Bajo condiciones

adversas, plantaciones enteras pueden ser destruidas por un crecimiento sin control.

Las malezas de los trópicos húmedos constituyen un problema tan serio que uno de los requisitos principales de las especies a ser plantadas en la región es un rápido crecimiento inicial en altura. De hecho, en ciertos lugares se habla de un crecimiento mínimo de 1,5 m de altura para el primer año (Lamb 1969b).

La invasión de las plantaciones jóvenes por una vegetación pionera de crecimiento rápido puede ser o dañina o beneficiosa. En Gabón, la invasión de *Musanga cecropioides* en plantaciones de *Aucoumea* se considera dañina, y se recomienda su eliminación (Deval 1967). A la inversa, la invasión de *Cecropia* y *Simarouba* en plantaciones de *Swietenia macrophylla* en Martinica, prácticamente eliminó los ataques del gusano barrenador de los brotes de la caoba, evidentemente debido a la mayor sombra que estas especies proporcionan (Marie 1949).

La intensidad óptima de desmalezado se debe determinar localmente. Por un lado, un crecimiento excesivo de malezas en un bosque de rebrotes de teca redujo su productividad (Laurie 1934a); pero por otro, el hecho de mantener a las plantaciones de caucho constantemente libres de malezas resultó en un suelo erosionado que redujo la productividad (Haines 1934). No obstante, la limpieza a fondo de *C. arborea* plantada a 1,2 m x 1,8 m, en lo que hoy es Malasia, permitió el desarrollo de un dosel cerrado en 18 meses (Anón. 1948c).

Las necesidades de desmalezado varían con el sitio. En sitios húmedos, la competencia puede darse por más nutrientes o por más luz, así que se debe asegurar la iluminación solar directa. El crecimiento de las malezas es rápido y debe ser controlado para que los árboles estén libres al menos durante los primeros cuatro a seis meses. El crecimiento de malezas y trepadoras y, preferiblemente de sus raíces, debe ser cortado o destruido en un radio de al menos 1 m alrededor de cada árbol. Con algunos espaciamientos, esta práctica casi equivale a la limpieza total. Sin embargo, una limpieza de tal intensidad ya no es necesaria cuando los árboles alcanzan 2 m de altura.

En sitios secos, la competencia es por el agua principalmente, por lo que las malezas se deben eliminar a una distancia mayor, de hasta un radio de 1,5

m o más, para evitar el contacto con el plantón. Las malezas se deben arrancar de raíz (Dawkins 1955b, Laurie 1941a). En Zambia, la limpieza alrededor de cada árbol de *P. kesiya* en un bosque seco de miombo no estimuló el crecimiento inicial (Endean y Jones 1972); aunque la teca en Tanzania aumentó la altura en un 57% durante el primer año después de una limpieza total (Bryant 1968).

La intensidad de desmalezado también depende de las especies de árboles y de malezas que se hallan presentes. Por ejemplo, en Puerto Rico, *P. caribaea* creció a través del pasto matojo (*Andropogon licormis*) después de una limpia inicial alrededor de cada árbol; pero con pastos como *Panicum maximum* y *Pennisetum purpureum* se necesitaron hasta seis limpiezas durante los primeros 17 meses (Geary y Zambrana 1972). La facilidad de controlar las malezas es un criterio importante cuando se clasifican los sitios de plantación.

Un experimento en lo que hoy es Sri Lanka permitió determinar la intensidad de desmalezado para *Eucalyptus* y otras especies de hoja ancha (Holmes 1941). Se compararon tres patrones de desmalezado: limpieza total de la zona entera, limpieza en franjas en las hileras de plantación y limpieza en parches alrededor de cada árbol. Las especies de *Eucalyptus* se consideraron establecidas a una altura de 2 m, y las demás especies a los 3 m.

La limpieza total arrojó una leve ventaja sobre los demás métodos al principio, pero al final del primer año, los árboles en franjas la habían alcanzado, y durante el segundo año, los árboles de limpieza en parches también la habían alcanzado. La mejor combinación de métodos fue efectuar una limpieza total durante el primer año, seguido por una limpia en franjas durante el segundo. Los árboles tratados de este modo generalmente lograban establecerse en dos años, y para el tercer año ya todos lo habían logrado.

La necesidad de desmalezado no cesa con la misma rapidez en todas partes. Una plantación de tres años de *Cupressus lusitanica* en Colombia había alcanzado un dap promedio de 2,8 cm y había sobrepasado hacía tiempo ya a la vegetación herbácea, pero carecía de vigor y tenía una apariencia clorótica. Cuando se eliminó un parche denso de pastos *Melinis minutifolia*, el diámetro de los árboles aumentó un 50% más que los árboles sin tratamiento.

Para determinar si es necesario replantar, se requiere un control continuado de la supervivencia inicial de la plantación, ya que la competencia de las malezas puede provocar una mortalidad progresiva. Con frecuencia, las evaluaciones se efectúan de manera descuidada, sin datos confiables del porcentaje de árboles sobrevivientes, o del lugar y momento en que ocurrió la mortalidad. Se deben seleccionar hileras de muestras permanentes, con un número fijo de árboles en cada una, seleccionadas al azar y en suficiente cantidad para asegurar que se ha abarcado toda la gama de condiciones del sitio. Las observaciones deben indicar las posibles causas de mortalidad y la cantidad de árboles vivos y muertos. La frecuencia de las evaluaciones se debe determinar localmente; la primera evaluación debe hacerse antes de terminar la siembra para llenar los espacios de una vez. Quizás se necesiten más verificaciones para detectar los efectos de climas anormales.

Es normal la pérdida de árboles en el momento de la siembra o inmediatamente después, así que en el presupuesto inicial del proyecto se deben incluir disposiciones para el replantado. Los árboles se pueden perder por exposición durante el plantado, por la manipulación durante la siembra, o por condiciones adversas del clima justo después del plantado. Debido a que se planta una mayor cantidad de árboles de la que se cosecha, tales pérdidas son tolerables hasta cierto punto. En México, se consideran aceptables pérdidas bien distribuidas de hasta 75% (Martínez McNaught 1978). Sin embargo, si la mortalidad cubre áreas lo suficientemente grandes como para permitir una invasión seria de malezas, es mejor replantar. Esto se debería hacer durante el primer año para evitar que los árboles replantados sufran una desventaja permanente. El replantado representa una inversión más, generalmente cuesta más por árbol que el plantado inicial, y puede resultar en mayores costos de limpieza. Por ello, las causas de la mortalidad de la siembra inicial deben ser investigadas, y en términos económicos se justifica eliminarlas hasta donde sea posible.

Las experiencias en el sur de Brasil han demostrado que los eucaliptos comúnmente requieren limpieza durante dos a tres años (Simoes *et al.* 1976). Donde el crecimiento es rápido (hasta 4,5 m de altura a los 12 meses), tal vez no se necesite mayor limpieza. Los pinos de crecimiento lento son más capaces de competir con las malezas en el sur de Brasil, así que la limpieza puede

ser innecesaria. Los eucaliptos se limpian dos veces al año; los pinos, cuatro o cinco veces en total.

En Jari, a lo largo del Amazonas, las malezas más serias de las plantaciones son los árboles de *Cecropia* spp., los cuales se envenenan o cosechan para celulosa (Woessner 1980a, 1980b). En Trinidad, se eliminan las malezas y las trepadoras de las plantaciones de *P. caribaea* durante tres años (Lackhan 1976). La necesidad de limpiar las malezas perdura más tiempo en los sitios húmedos; en las plantaciones de pinos en las montañas muy húmedas de Costa Rica se requieren limpiezas hasta por siete años (Salazar 1978).

En las praderas de Papúa - Nueva Guinea, las plantaciones de pinos requieren tres limpiezas durante el primer año, dos durante el segundo y una durante los años tres y cinco (Lamb 1974). En la India, plantaciones de *E. tereticornis* comúnmente se limpian dos o tres veces al año durante tres años (Lohani 1978). En Fidji, la limpieza y corta de trepadoras en plantaciones de *S. macrophylla* se hace durante cinco años (Busby 1967).

En hileras de plantaciones bajo dosel se deja bosque natural para reducir el control de malezas; no obstante, es un error común suponer que los árboles plantados bajo cubierta crecen sin necesidad de limpiar de malezas. Si los árboles plantados han de crecer, necesitan luz solar directa, que las malezas pueden oscurecer rápidamente.

De hecho, limpiar árboles plantados dentro de un bosque natural es una tarea casi equivalente al desmalezado de plantaciones a campo abierto. Los claros sobre árboles plantados estimulan su crecimiento, pero también el de las trepadoras. Aunque las malezas no son tan exuberantes en un bosque natural como lo son al abierto, se necesitan prácticas de manejo (particularmente la corta de trepadoras) durante cinco años o más. Las copas de otros árboles que se inclinan sobre los árboles plantados también se deben reducir radicalmente.

Un estudio efectuado por Dawkins (1956) en Uganda demuestra las limitaciones de abrir claros en forma de corredores encima de árboles plantados bajo cubierta. La tala de todos los árboles de hasta 10 m de altura era dos veces más caro que abrir corredores; sin embargo, estos se cerraron en 18 meses, suprimiendo casi por completo a los árboles plantados. La eliminación de todas las ramas traslapadas requeriría casi una tala rasa.

El desyerbado se puede hacer a mano, a máquina o con herbicidas. Según Evans (1992), los métodos manuales requieren la menor destreza y supervisión y los métodos químicos la mayor. Donde los pastos densos se deben quitar por completo, el costo de la mano de obra (o valor de empleo) fue de 25 días-hombre por hectárea para limpieza manual, de 6 a 15 para limpieza mecánica y de 1 a 2 para limpieza química.

Tradicionalmente, las plantaciones pequeñas (o las que se encuentran en terreno difíciles) se desyerban a mano, con machetes y azadas. La mayoría de los trabajadores usan machetes con destreza, probablemente la herramienta más común de la región. Sin embargo, es peligrosa y con frecuencia causa lesiones, tanto a los árboles plantados como a los trabajadores. El entrenamiento de los trabajadores en el uso de esa herramienta quizás parezca redundante pero aún los que tienen gran experiencia se han de beneficiar, aprendiendo técnicas de seguridad. Una técnica es sujetar la vegetación con un palo bifurcado mientras se dan las cuchilladas. Otra es mantener una vigilancia constante por obstrucciones u otros trabajadores, mientras se dan las cuchilladas. La gente rara vez usa zapatos de seguridad y corazas para cubrir la parte anterior de la pierna, porque quizás no les parezca práctico, pero que suelen prevenir heridas. Además, los equipos de trabajadores se deberían entrenar y equipar para suministrar auxilio de emergencia.

En el sur de Brasil, es común el desmalezado mecánico con arados de discos (moto-azadas) y roto-cultivadores (Simoes *et al.* 1976). El espaciamiento entre las hileras debe ser suficientemente amplio para que entre la maquinaria. Sin embargo, aún donde el uso del equipo mecánico es apropiado, la limpieza entre franjas debe hacerse a mano.

Los herbicidas con frecuencia son más efectivos que el desmalezado mecánico. Una desventaja de ciertos herbicidas es la dificultad de transportar el solvente (aceite o agua) al sitio. Sin embargo, con los herbicidas se requiere un menor esfuerzo y la zona queda libre de malezas por un período más largo. Los herbicidas pueden eliminar a los árboles que están de más y que cubren a los árboles plantados bajo cubierta, como las trepadoras y malezas a ras del suelo. Su efectividad se ha comprobado y cuando se usan sustancias químicas oficialmente autorizadas, de acuerdo con las instrucciones y bajo una supervisión estricta, el proceso no debería suscitar inquietudes ambientales. La decisión

de usar herbicidas depende en gran parte de un complejo de factores políticos, económicos y sociales. Una decisión bien razonada requiere de: una evaluación completa de todos los riesgos, un estimado del costo de los demás tratamientos para la eliminación de las malezas (Newton 1975) y una autorización oficial.

Los herbicidas comúnmente se aplican con rociadores portátiles operados a mano. Se debe tener mucho cuidado cuando se rocía alrededor de árboles recién plantados, porque ellos también son susceptibles a algunos herbicidas. Se debe entrenar a los trabajadores para que no inhalen, ni permitan que los herbicidas toquen su cuerpo. La etapa más peligrosa de la operación de fumigar plantaciones recién establecidas se puede obviar, colocando un escudo cónico y cilíndrico encima de cada árbol, mientras se rocían las malezas a su alrededor.

El costo de la limpieza puede exceder en mucho a la preparación del terreno y plantado, y puede disuadir de hacer reforestación (Gutiérrez 1970, Salazar 1978). En sitios lluviosos de tierras bajas, aún los *Eucalyptus* pueden necesitar de 17 a 49 días de trabajo de limpieza por hectárea (Lamb y Bruce 1974). Este requisito constituye un argumento persuasivo de la necesidad de seleccionar especies de árboles de crecimiento inicial rápido en altura. La producción de árboles de crecimiento lento, y que necesitan limpiezas dos veces al año durante varios años, quizás nunca sea beneficiosa.

El presupuesto de un proyecto de plantación debe considerar el desmalezado; de otro modo, quizás sea necesario reducir los fondos de plantación en aras de la limpieza de plantaciones recientes (Iyamabo y Ojo 1972). Cualquier proyecto también debe comparar la relación costo/efectividad de las distintas técnicas e intensidades de limpieza. Un control total de las malezas puede ser de buena apariencia pero generalmente no es necesario; por consiguiente, quizás se logren ahorros significativos mediante limpiezas menos frecuentes o menos completas.

No es necesario desyerbar el *Eucalyptus* en algunos sitios de Sudamérica, donde el terreno desde un principio está completamente cultivado y fertilizado (Donald 1971). La fertilización todavía no es común en los bosques tropicales, pero la experiencia agrícola sugiere que vale la pena hacer la prueba.

Cultivos de protección. Se han plantado cultivos de protección bajo una variedad de plantaciones de árboles tropicales. En las plantaciones de caucho, en lo que hoy es Malasia, comúnmente se han usado especies nativas como cultivos protectores del suelo (Haines 1934). Estos cultivos reducen la erosión y el escurrimiento aumentando la infiltración del agua de lluvia, reducen la temperatura del suelo y, por lo tanto, la evaporación y añaden materia orgánica a la superficie del suelo (Haines 1934). Sin embargo, los cultivos protectores son exigentes con el suelo. Experiencias con cultivos protectores de especies leguminosas demostraron que el mayor beneficio se da cuando se labra bien el suelo (Becking 1951).

Un informe exhaustivo (Watson 1973) presenta más evidencias del desempeño de la cobertura herbácea en las plantaciones de caucho. Si el cultivo protector se planta al mismo tiempo que el caucho, es posible que la cobertura herbácea se desarrolle rápidamente durante tres años y luego deje de crecer a medida que se cierra el dosel. Pruebas en maceta indican que las leguminosas pueden fijar hasta 235 kg/ha de N en cinco meses, pero pueden causar un drenaje severo de P, pues requieren el equivalente de 280 kg/ha de fosforita en los primeros 12 meses y 110 kg/ha anualmente después. Sin embargo, las leguminosas crecen vigorosamente y proporcionan una acumulación rápida de materia orgánica en la superficie del suelo (Watson 1973).

Estudios en Oubangui-Chari, República de África Central, indicaron que para la conservación de suelo y del agua, la mejor cobertura en plantaciones jóvenes de café era una capa de paja, pero era una alternativa demasiado costosa (Forester 1959). La limpieza total de malezas produjo una erosión excesiva del suelo; la cobertura con pasto *Paspalum*, batatas y *Leucaena* no eran compatibles. La mejor alternativa fue *Pueraria* (kudzu), que si se controla, no toma demasiados nutrimentos y tiene el mismo efecto beneficioso que la limpieza total en el café.

Pruebas de coberturas herbáceas perennes de leguminosas al pie de *P. caribaea* y *P. elliottii* en el sur de Queensland, Australia, demostraron que la leguminosa comenzó a deteriorarse después de tres años (Richards 1967). Una cobertura similar disminuyó los rendimientos de pinos exóticos, pero estimuló los de especies coníferas nativas (*Agathis robusta* y *Araucaria cunninghamii*), y aumentó el contenido de N en coníferas nativas, sin efectos adversos en el contenido de

N de los pinos. Sin embargo, los pinos crecieron más que los árboles nativos.

En resumen, hay pocas experiencias concluyentes en materia de una buena cobertura herbácea bajo las plantaciones madereras. En Puerto Rico, parece que la conservación del suelo y del agua está asegurada, si el raleo es suficiente para mantener el dosel abierto entre las copas de los árboles. La vegetación nativa herbácea proporciona una cobertura continua y suficiente capaz de controlar la erosión.

Plantación intercalada. Los cultivos múltiples de árboles madereros y el uso del sistema taungya se tratan en detalle en el próximo capítulo. Esta sección está principalmente dedicada a las plantaciones intercaladas que se usan para beneficiar la producción de madera.

Estudios con teca en la India mostraron que la especie toleraba *Leucaena* y *Syzygium jambolanum* bajo ella (Laurie 1934b). También se recomendaba plantar bambú porque la teca no produce ramificaciones epicórmicas, cuando crece con bambú

El papel que juega *Leucaena* en plantaciones de teca se descubrió ya en el siglo XIX en Java (Becking 1951). La teca crecía lentamente y fracasaba en sitios pobres, pero se encontró que *Leucaena* constituía un sotobosque excelente, pues cubre el suelo rápida y completamente y permanece verde durante la estación de sequía, por lo que impide el crecimiento de las malezas. Es fácil de sembrar, tolera la sombra de la teca y puede ser plantada suficientemente cerca a la teca como para favorecer una buena formación del tronco de esta. *Leucaena* puede incrementar la productividad de la teca en un 50%, pues aumenta la porosidad del suelo, el contenido de humus y los niveles de nutrimentos. Brota aún después de incendios, impide la erosión y produce una madera excelente, que se puede usar para leña y carbón. En suelos pobres, el crecimiento de *Leucaena* puede sobrepasar el de la teca, por lo que se debe podar. Se puede lograr un beneficio máximo si el follaje podado se coloca al pie de los árboles de teca. El ganado come el follaje de *Leucaena*, por lo que en ciertos sitios ha sustituido a otras especies (tales como *Acacia villosa*).

En la India, el cultivo de árboles o arbustos de cobertura al pie de la teca para mantener o mejorar el suelo e impedir el crecimiento de malezas, redujo el crecimiento de la teca en un 33% (Venkataramany 1956). Los productos del cultivo intercalado pueden

compensar estas pérdidas. Se ha recomendado en estos casos, el uso de maderas valiosas o árboles especializados, tales como *Rauwolfia* y *Cinnamomum*.

En Java, se han intercalado *Leucaena* y *P. merkusii* (Alphen de Veer 1954). La *Leucaena* se debe podar mientras los pinos todavía son jóvenes, pero una vez que los pinos se cierran, la leucaena muere.

Labranza del suelo. El suelo bajo plantaciones rara vez se labra después de la siembra, excepto donde se intercalan otros cultivos. Un experimento con *E. alba* en Brasil demostró que la labranza anual del suelo durante 1 a 3 años después del plantado no tenía ningún efecto sobre el desarrollo de los árboles (Guimaraes *et al.* 1959).

Sin embargo, el establecimiento de cultivos intercalados con plantaciones madereras ha sido usado durante más de un siglo. La práctica surgió como reacción a dos problemas: 1) el alto costo del manejo de plantaciones jóvenes limitaba el establecimiento de plantaciones, 2) la falta de terrenos adecuados para cultivos agrícolas. La práctica conocida como “taungya”, un esfuerzo conjunto de dueños de bosques tropicales y campesinos, se originó en lo que hoy es Myanmar en 1866 (Blanford 1925). El sistema taungya se define como el establecimiento de un cultivo forestal en medio de un cultivo agrícola; los árboles son cuidados durante el tiempo que dure el cultivo agrícola (Dawkins 1958c).

Baur (1964b) indicó que debido a que el sistema taungya normalmente está asociado a un bajo nivel de vida, a veces se lo critica. Sin embargo, con una explosión creciente de la población mundial, quizás sea la única manera de que gran parte de la población tenga algo de qué vivir.

La práctica se ha aplicado más que todo en bosques estacionales; comenzó en la India en 1914 y se ha diseminado a través de los trópicos desde entonces. En 1961, las plantaciones de taungya abarcaban 78 000 ha en Ghana (Danso 1966). El gobierno cosechaba la madera del bosque nativo; luego, los pobladores limpiaban, quemaban y preparaban el terreno que se volvía a plantar con árboles, y los campesinos intercalaban sus cultivos durante 1 a 3 años.

El descubrimiento, en el estado de Bombay, India, de que la regeneración de la teca no era satisfactoria hizo que se iniciaran plantaciones taungya en ese país

(Kaikini 1960). Además, en los bosques secos de Madras, los marañones (*Anacardium occidentale*), que generalmente se tornaban amarillos y crecían lentamente, crecieron con rapidez intercalados con *E. tereticornis* (Rajasingh 1968). Uno o dos cultivos de alimentos se han intercalado con *Eucalyptus* en algunas partes de la India (Lohani 1978).

En lo que hoy es Myanmar, el sistema taungya resultó ser útil en combinación con regeneración natural (Kermode 1952, 1955). Donde la regeneración fue mayor de lo que se esperaba, se permitió que los campesinos sembraran cultivos entre los árboles jóvenes de especies valiosas en bosques secundarios secos y semi-perennes. Se alcanzó una supervivencia de teca suficiente para permitir un espaciamiento promedio de menos de 1,8 m x 1,8 m. Por lo general, se cosechó sólo un cultivo antes que la teca se apoderara del sitio.

En Malasia, se logró un éxito relativo con *P. caribaea* en sistema taungya (Ramli Mansor y Ong 1972), en tanto que los resultados con dipterocarpáceas fueron “variables”. La experiencia enfatiza la necesidad de desarrollar planes de trabajo claros, antes de introducir el sistema taungya para proteger las zonas que se deben conservar, y definir los términos de los convenios y el nivel de las prácticas de manejo que se han de efectuar (Fielding 1972).

En Mayumbe, antiguo Zaire, la práctica de taungya se desarrolló con *Terminalia superba* y cultivo de banano (Dawkins 1955b). En esta práctica conocida como “uniformisation par le bas”, (uniformización por lo bajo) el campesino que alquila el terreno, planta banano al año siguiente de una cosecha forestal, y un año después planta los árboles suministrados por el servicio forestal. Para el cuarto o quinto año, los árboles ya están establecidos. Según los informes, el sistema taungya también tuvo éxito en Uganda, donde se usaron *Terminalia*, *Triplochiton* y varias especies de Meliaceae (Lawton 1976).

El sistema taungya se introdujo en el neotrópico en Trinidad con plantaciones de teca (Cater 1941). Se lograron dos cosechas agrícolas antes de que la teca comenzara a crecer libremente. Se prohibieron los cultivos cuyo crecimiento sobrepasaba al de la teca, como yuca, gandules, okra y taro. En Surinam se usó el sistema para establecer *Cordia alliodora* (Vega 1978). Se han usado los siguientes cultivos bajo ciertas restricciones: maíz, arroz, banano y yuca. El cultivo

agrícola dura dos años en suelos arenosos y tres años en suelos arcillosos. El campesino se compromete a cuidar los árboles hasta el cuarto año, época en que se espera que hayan alcanzado una altura de 8 m. En Puerto Rico entre 1935 y 1945, mediante el “sistema parcelero”, se reforestaron con éxito miles de hectáreas de tierras agotadas, con caoba (*Swietenia* spp.), *Eucalyptus* spp. y otras especies.

Las experiencias en la India permiten sacar varias conclusiones sobre las ventajas y limitaciones del sistema taungya (Kadambi 1957). El sistema permite el establecimiento de plantaciones baratas y generar empleo (Fig. 7-4). Bien manejado, el sistema también puede cubrir al menos parte de la demanda por terrenos arables. Por otro lado, el sistema es útil sólo en zonas donde existe una demanda por cultivos agrícolas, lo que también requiere terrenos suficientes para asegurar que los cultivos agrícolas tengan rotaciones continuas. En terrenos marginales, generalmente los más disponibles, este sistema suele exponer al suelo y robarle parte de su fertilidad. Además, el sistema taungya no es necesariamente un sustituto para todas las prácticas de manejo, porque por lo general se necesitan mayores cuidados una vez que se acaban los cultivos agrícolas (Danso 1966). Según Kennedy (1930), el éxito del sistema taungya depende de que su uso sea atractivo para los campesinos, convenciéndolos de que les conviene y que con él sacan buen provecho.

Irrigación. La irrigación de los árboles madereros quizás parezca una inversión cuestionable. Sin embargo, ya que los árboles se necesitan desesperadamente en las regiones secas de los trópicos, se han establecido en el hemisferio oriental muchas plantaciones irrigadas.

Algunas de las plantaciones irrigadas más antiguas y de mayor éxito se encuentran en Punjab, India



Fig. 7-4.—Control rápido de la vegetación en Java, mediante el uso del sistema taungya que intercala maíz, arroz, *Leucaena leucocephala* y *Tectona grandis*.

(Kitchingman 1944), donde un desierto que recibe de 20 a 50 cm de precipitación anual se convirtió en un bosque que rinde 2,2 a 3,4 t/ha/año de leña. La especie plantada es principalmente *Dalbergia sissoo*, a espaciamientos de 1,8 m x 3,0 m. A los seis años, los diámetros de los árboles varían de 5 a 10 cm y alcanzan alturas de 10 m. En ese momento, un raleo rinde de 28 a 35 estéreos de leña por hectárea. A los 12 años, se aplica un segundo raleo con un rendimiento igual, y la tala final se efectúa en el año 20. Las cuatro plantaciones irrigadas principales de la región en 1944 se describen en el Cuadro 7-18 (Kitchingman 1944).

Un ensayo más reciente de plantaciones madereras irrigadas se inició en Sudán (Booth 1965). Los resultados iniciales fueron prometedores con *Acacia farnesiana*, *Albizia lebbek*, *Casuarina cunninghamiana*, *Conocarpus latifolius*, *D. sissoo*, *Eucalyptus* spp., *G. arborea*, *L.*

Cuadro 7-18.—Área cubierta y aumento de plantaciones irrigadas en la India en 1944			
Plantación	Año de inicio	Superficie en 1944 (ha)	IMA (m³/ha/año)
Changa Manga	1866	4,200	20
Chichawathi	1913	3,620	10
Khanewal	1915	6,300	6
Daphar	1919	2,670	8
Fuente: Kitchingman 1944. IMA= incremento medio anual.			

Cuadro 7-19.—Devolución de nutrimentos por la hojarasca en una plantación de híbridos de *Eucalyptus* en la India

Edad de la plantación (años)	Devolución anual de nutrimentos por la hojarasca (kg/ha)				
	N	P	K	Ca	Mg
5	29.8	1.6	15.0	40.2	5.0
10	59.2	3.9	30.6	73.2	9.3

Fuente: George 1982.

N = Nitrógeno. K = Potasio. Mg = Magnesio.

P = Fósforo. Ca = Calcio.

leucocephala, *Melia azedarach*, *Prosopis juliflora* y el bambú *Dendrocalamus strictus*.

Un ensayo en Paquistán indicó cuáles eran los requerimientos de agua en las plantaciones irrigadas (Sheikh y Masrur 1972). Estos requerimientos durante una estación de crecimiento de siete meses se resumieron con base en tres técnicas de irrigación: goteo, canales y anegación. Las cantidades necesarias fueron 2,2 m³ por árbol para el goteo; 9,9 m³ para los canales y 14,9 m³ para la anegación. Los crecimientos medios en altura correspondientes fueron 61 cm, 66 cm y 81 cm, respectivamente. El crecimiento en altura por metro cúbico de agua para las tres técnicas fue de 28 cm, 7 cm y 5 cm, respectivamente, lo que indica que la irrigación por goteo es la más eficiente.

Quema. La quema de la hojarasca bajo las plantaciones establecidas libera nitrógeno y quizás agrega nitrógeno amónico al humus y a las capas minerales del suelo cubiertas por la hojarasca (Wollum y Davey 1975). La nitrificación posterior quizás resulte porque aumentó la disponibilidad de amonio y de elementos esenciales del subsuelo.

Un ensayo a largo plazo de quemas anuales en plantaciones de *Acacia* spp. en Natal, África del Sur, no mostró un efecto adverso sobre la calidad o el rendimiento de esta leguminosa (Beard y Darby 1951). Tampoco se evidenció una reducción en el contenido de humus del suelo, ni en la capacidad de retener agua o de almacenar humedad. El pH aumentó levemente, pero no se registraron efectos adversos. Diez años más tarde

se concluyó que la quema afecta el desempeño del cultivo adversamente, sólo cuando las cenizas se pierden debido a la erosión producida por el agua o el viento (Beard 1961).

Es común que las plantaciones coníferas se quemen por accidente, y en general, están bien adaptadas a los incendios y por eso los resisten. De hecho, la quema controlada en los bosques de pinos es una práctica común en la zona templada, y se ha recomendado para las plantaciones brasileñas de *P. elliottii* y *P. taeda*, para reducir el peligro de que se produzcan incendios a causa de la acumulación de material combustible (Soares 1975).

Fertilizantes. Las plantaciones forestales capturan, conservan y reciclan grandes volúmenes de nutrimentos; por lo que las necesidades de fertilización, si existen, son mucho menores que las de cultivos agrícolas. La recuperación de nutrimentos a través de la hojarasca en una plantación de *Eucalyptus* híbridos en la India ilustra este punto (Cuadro 7-19). La plantación, situada en un clima con 200 cm de precipitación anual, presentó a los cinco años, un dap promedio de 11,1 cm y una altura de 14,6 m; a los diez años, el dap era de 14,4 cm y la altura de 19,0 m.

Las plantas silvestres dedican casi el 2,5% de su energía fotosintética a la fijación del nitrógeno atmosférico y otro 5% a reducir el nitrato reciclado, previamente fijado por la descomposición (Gutschick 1978). Tarde o temprano, al agotarse los combustibles fósiles, se deberá confiar en la fotosíntesis para satisfacer las necesidades mundiales de energía. Sin embargo, ni aún las leguminosas fijan todo el N que necesitan, en tanto que el fertilizante a base de N logra aumentar el rendimiento de un cultivo hasta en cinco veces más; por ello, el mayor uso agrícola de fertilizantes es una alternativa más atractiva y oportuna que la destrucción de una mayor cantidad de bosques para cultivos intermitentes.

Existen al menos tres razones principales para el uso de fertilizantes en los trópicos:

- El aumento de la producción de alimentos, principalmente mediante el uso de fertilizantes, es la mejor manera de enfrentar la presión sobre los bosques tropicales.

- No es posible aumentar la fijación del N ni la descomposición en forma tan rápida y en cantidades suficientes como para proporcionar los nutrimentos que garanticen la producción de alimentos para las poblaciones de los trópicos.
- La producción y el uso de fertilizantes para generar una mayor cantidad de alimentos en los trópicos a corto plazo, quizás sea el mejor uso de los recursos fósiles.

Gutschick (1978) indicó que la rotación de cultivos con leguminosas no puede proporcionar ni la mitad del rendimiento que el uso actual de fertilizantes logra. El retorno de todo el N en las aguas residuales a los campos sólo compensaría el 10% del fertilizante que actualmente se usa, y el costo del transporte no compensaría el trabajo. Además, el hidrógeno (H) requerido para el amonio de los fertilizantes se puede generar con mucho carbón, o una pequeña cantidad de petróleo.

Lundgren (1978) describe muy bien las necesidades de fertilizantes en plantaciones forestales tropicales; un resumen de sus argumentos aparece en los párrafos siguientes. Sus conclusiones, basadas en sus experiencias en Tanzania, parecen tener una aplicación general a los suelos poco fértiles de los trópicos húmedos y sub-húmedos, aún si no se toman en cuenta las especies plantadas.

La conversión de la vegetación natural a bosques producidos por el hombre, usando las técnicas de manejo de la actualidad inevitablemente agotarán el suelo, al disminuir la materia orgánica y los niveles de nutrimentos, dañando la estructura de la capa superficial y reduciendo la porosidad. La magnitud y velocidad de este deterioro depende del clima, de las condiciones del suelo, de las prácticas de manejo y de las especies usadas.

Cualquier deterioro del suelo retarda el crecimiento de los árboles. El deterioro puede aparecer de repente, como resultado de la compactación o erosión del suelo, o lentamente, al reducirse la capacidad del suelo de retener agua. La declinación quizás no sea significativa durante las primeras dos o tres rotaciones de cultivos en sitios favorables, ya que podría ser compensada temporalmente por semillas mejoradas y métodos silviculturales; pero, debido a que estos son más

exigentes en cuanto a la fertilidad del suelo, su beneficio muy probablemente no durará más de una o dos rotaciones. En sitios pobres, el crecimiento puede declinar al final de la primera o segunda rotación.

Estas inquietudes, sin embargo, no constituyen un argumento en contra de la producción forestal intensiva. La forestería puede significar todavía un uso ecológicamente más sostenible que el cultivo agrícola. Al menos se pueden controlar, una vez identificados, ciertos tipos de deterioro del sitio.

El hecho de reconocer las probabilidades de deterioro de un sitio es menos inquietante que la negación de tal posibilidad por parte de quienes manejan el bosque. La investigación en manejo de suelos es mucho más importante para los agricultores tropicales que para los silvicultores. Sin una buena inversión en el mantenimiento de un sitio, los pronósticos de rendimientos forestales a largo plazo podrían ser ilusorios.

La mayoría de los forestales ponen en duda la urgencia de aplicar prácticas de mejoramiento de suelos. Las razones incluyen: el hecho de que los árboles pueden utilizar los recursos existentes mejor que otros cultivos, la creencia de que la productividad sostenida se puede alcanzar mediante la genética, y la falta de evidencia local en cuanto a la respuesta de los cultivos forestales a los fertilizantes (Nwoboshi 1968). Por consiguiente, las inversiones en fertilización no parecen justificadas.

Aunque se espera que el costo de los fertilizantes ha de aumentar, su uso en los bosques también ha de aumentar. Por una parte, la competencia por los terrenos quizás por fuerza introduzca la necesidad de obtener los mayores rendimientos producidos con fertilizantes (Swan 1965). Además, la escasez de madera elevaría el valor de los mayores rendimientos atribuibles al uso del fertilizante. Las posibles ganancias en productividad con el uso de fertilizantes parecen mayores y más inmediatas de lo que se esperaría con otras prácticas silvícolas. Jari ahora fertiliza tres veces en rotaciones de 5 a 7 años.

Cada uno de los nutrimentos primarios tiene un efecto distinto sobre el desarrollo de las plantas (May 1954). El nitrógeno contribuye principalmente al crecimiento vegetativo, la formación de tallos y hojas. El fósforo fomenta el desarrollo de las raíces y acelera la maduración de las semillas. El potasio es necesario para

la asimilación y aumenta la resistencia contra las enfermedades. De estos tres nutrientes primarios, ninguno es efectivo si están ausentes los otros dos.

La FAO efectuó un estudio mundial de 13 000 ensayos con fertilizantes entre 1961 y 1964 (Phillips 1972). En América tropical, los ensayos demostraron un aumento medio del crecimiento del 95%. El valor del crecimiento añadido en comparación con los costos también aumentó con el tiempo. El estudio demostró que en las zonas húmedas y sub-húmedas, se produjo un aumento del rendimiento principal al añadir N, pero que este efecto igual se podía lograr en forma más económica al añadir fósforo. La mayoría de los ensayos arrojaron mayores rendimientos al añadir potasio a la mezcla de N y P. Para cada uno de estos nutrientes, el crecimiento mayor ocurre con los primeros 20 kg/ha; las ganancias generalmente culminan con 60 kg/ha, en árboles genéticamente mejorados.

Se ha comprobado que la aplicación de fertilizantes es necesaria para la supervivencia de muchas plantaciones tropicales (Ojo y Jackson 1973). Los pinos en una zona de Nigeria crecen mal a menos que se les dé superfosfato. Los eucaliptos en otras partes del África sufren muerte regresiva, a menos que se apliquen fertilizantes a base de boro. El fósforo es un elemento que muy a menudo causa reacciones en las pruebas de campo; de hecho, el N sin P a menudo no produce ninguna reacción; y el N por sí solo puede dañar a los pinos. Rara vez se ven reacciones favorables con aplicaciones de K solamente.

Los fertilizantes nitrogenados afectan tanto la forma como la uniformidad del árbol (Schultz 1976). Los fertilizantes aumentan el dap del árbol más que la altura y por consiguiente aumentan el ahusamiento del fuste, reduciendo el factor de forma. También reducen la variabilidad en el dap de árboles en plantaciones (Schultz 1976).

El efecto de los fertilizantes en las propiedades de la madera no sólo varía de especie a especie, sino también parecen variar de un árbol a otro (Zobel *et al.* 1961). El tratamiento de una plantación de *P. taeda* de 16 años en EE.UU., que consistió en proporcionarle 180 kg/ha de N, 90 kg/ha de superfosfato y 90 kg/ha de sal potásica durante tres años consecutivos, produjo durante los siguientes siete años, madera con una gravedad específica significativamente menor (hasta el 16%) que

la madera siete años antes del tratamiento (Zobel *et al.* 1961). Otros estudios sugieren que la madera de *P. palustris* y *P. taeda* puede aumentar la gravedad específica después de la fertilización, sin que disminuya la calidad del duramen juvenil o el porcentaje de la madera tardía (Schmidtling 1973). Otro beneficio puede ser una menor cantidad de duramen durante la etapa de madera para pulpa.

Las fuentes comunes de nutrientes contienen los siguientes porcentajes de N, P y K (May 1954):

Nutriente	Porcentaje
Nitrógeno	
nitrato de sodio	15
sulfato de amonio	20
abono orgánico	0.4-0.7
Fósforo (P_2O_5)	
superfosfato	20
superfosfato doble o triple	40
abono orgánico	0.2-0.4
Potasio	
sulfato de potasio	50
muriato de potasa	48
ceniza de madera	5-15
abono orgánico	0.1-0.7

La aplicación de fertilizantes se debe considerar en función del equilibrio de los nutrientes. Las pérdidas que sufren los bosques por lixiviación, erosión o cosecha, se deben compensar. El caso de un sitio en Alemania donde la hojarasca se usó como combustible durante 25 años (Bray y Gorham 1964) constituye un ejemplo histórico de las consecuencias que se sufren al ignorar este requisito. La eliminación de la hojarasca redujo en dos tercios el crecimiento en área basal y cuando se discontinuó la práctica, el bosque tardó 30 años en recuperarse.

La importancia del equilibrio de N en la producción de madera es evidente en un bosque estrictamente monitoreado en Europa Central (Wehrmann 1961). El suministro de N por la precipitación fue de 3 a 7 kg/ha/año, y la absorción del amonio del aire añadió otros 4 a 7 kg/ha/año. Las pérdidas por lixiviación fueron de 2 a 4 kg/ha/año. La cosecha de árboles con más de 7 cm dap sin corteza drenó un promedio de 10 kg/ha/año. La extracción de ramas, corteza y raíces aumentó la pérdida de N en casi 20 kg/ha/año. Se llegó a la

Cuadro 7-20.—Flujo de nutrimentos en una plantación de <i>Pinus radiata</i> bajo rotación de 35 años en Nueva Zelandia				
Índice	Nutrimentos (kg/ha/año)			
	N	P	K	Ca
Aporte (precipitación)	— ^a	1.1	21.8	3.9
Eliminación (dos raleos)	6.6	0.9	8.1	5.4
Balance neto	— ^a	+0.2	+13.7	-1.5
Fuente: Will 1968, citado por Schultz 1976.				
^a Datos no disponibles.				
N = Nitrógeno. K = Potasio.				
P = Fósforo. Ca = Calcio.				

conclusión que no había una manera económica de establecer una producción de madera que rindiera suficiente N para equilibrar las pérdidas, aunque el uso de especies fijadoras de N hubiera sido beneficioso. Al añadir N mediante la fertilización no sólo se elimina la deficiencia, sino que se reduce la susceptibilidad del bosque a hongos y plagas (Wehrmann 1961).

El reemplazo natural de nutrimentos del suelo no se ha medido extensamente en los trópicos. Evidencias en Puerto Rico, sin embargo, sugieren que la capacidad de abastecer K en ciertos suelos comunes puede ser adecuada para sostener los cultivos forestales durante un período indefinido. Ensayos en ultisoles arenosos du-

Cuadro 7-21.—Demanda neta de nutrimentos de <i>Pinus radiata</i> en Nueva Zelandia				
Período	Demanda de nutrimentos (kg/ha)			
	N	P	K	Ca
Primeros 10 años	493	41	308	201
Próximos 25 años	0	12	84	90
Próximos 10 años, 2da rotación	246	20	199	99
Fuente: Will 1968, citado por Schultz 1976.				
N = Nitrógeno. K = Potasio.				
P = Fósforo. Ca = Calcio.				

rante cuatro años de cultivos intensivos de pastos para reducir el K al nivel de reemplazo, mostraron una contribución natural de casi 35 kg/ha/año (Abruna *et al.* 1976). En tierras altas, el promedio para 17 suelos fue de 90/kg/ha/año; para seis oxisoles fue de casi 50 kg/ha/año, y en siete inceptisoles -una gama que abarca suelos francos, esquistos tobáceos y suelos francos derivados de diorita gruesa- el suministro promedio de K fue de 106/kg/año.

Un aumento de 50 kg/ha/año, mucho mayor que el promedio de N en pinos jóvenes plantados en EE.UU. y Europa (Richards y Voigt 1965), no se explica por el suministro obtenido de la precipitación (10 a 12 kg/ha/año). Bacterias libres fijadoras de N contribuyen con menos de 10 kg/ha/año. Experimentos que usan el isótopo N¹⁵ sugieren que el resto se adquiere por fijación (Richards y Voigt 1965).

Las plantaciones conservan y reciclan nutrimentos de manera natural, lo que posiblemente resulta en un suministro residual mayor para las rotaciones posteriores. Casi la mitad del N, P y K en las agujas de *P. taeda* se transmigran a otros órganos inmediatamente antes de la excisión o separación (Schultz 1976). Los elementos menos móviles, Ca y Mg, permanecen en las agujas cuando caen. El Cuadro 7-20 presenta las exigencias netas de *P. radiata* en Nueva Zelandia (Will 1968, citado por Schultz 1976). El Cuadro 7-21 sugiere que los cultivos subsiguientes quizás exijan mucho menos del suelo que la primera cosecha.

Este balance de nutrimentos no refleja las condiciones durante la primera etapa de la plantación cuando la absorción excede en mucho al remplazo a través de la hojarasca. En este momento es cuando más beneficioso es el fertilizante. La necesidad de fertilización varía con los requerimientos de cada especie; por ejemplo, en una plantación de dos años de Australia, la absorción de nutrimentos de *E. grandis* excedía a la de *P. elliottii* en estos porcentajes: N 86%, P 197%, K 366%, Ca 1243% y Mg 347%. El reemplazo de nutrimentos a través de la hojarasca en plantaciones es una fuente significativa para el crecimiento futuro (Cuadro 7-22).

La cantidad de nutrimentos eliminada por el aprovechamiento y la remanente en el campo fue determinada para *Eucalyptus* en la región del Mediterráneo (Phillips 1966, citado por Singh 1967). La tasa promedio anual de eliminación de P₂O₅ fue de 8,6 a 10,8 kg/ha, y de 6,4 a 16,6 kg/ha lo que quedó en el

sitio. De K_2 se eliminó de 34,5 a 289,3 kg/ha y quedaron de 78,8 a 296,1 kg/ha. De óxido de calcio, las cifras fueron 70,2 a 136,5 kg/ha eliminados y 277,7 a 478,1 kg/ha restantes. Por lo general, los nutrimentos remanentes exceden a los eliminados.

En la zona templada se han efectuado estudios sobre la incidencia de los métodos de aprovechamiento más intensivos sobre los niveles de nutrimentos. En Finlandia, la extracción de árboles enteros eliminó la mitad de los desechos que se hubieran quedado en el sitio con métodos tradicionales, eliminando casi el doble del N y P (Malkonen 1972). El desbastado de árboles enteros en el bosque elimina un 50% más de N y P. Además, las pérdidas causadas por la extracción no se limitan a la eliminación simple, sino que además aumenta la lixiviación. El pronóstico de una mayor deficiencia de N se agrava, a medida que las plantaciones forestales quedan relegadas a los sitios más pobres permitiendo que la agricultura se expanda y ocupe los mejores sitios.

Los nutrimentos que se pierden con el aprovechamiento muy probablemente tendrán que ser reemplazados con fertilizantes, en cantidades mayores a las pérdidas porque gran parte del fertilizante aplicado se pierde por lixiviación.

Estudios en Casamance, Senegal, demostraron que la hojarasca de la teca se descompone rápidamente, la mineralización del carbón (C) permanece activa y la mineralización del N permanece inhibida (Mahuey y

Dommergues 1960); esto implica que se deberán usar fertilizantes minerales para sostener la productividad. Se sugirió mezclar especies para mejorar el desempeño; entre ellas, especies que mineralizan el C lentamente, como *K. grandifoliola*, para reducir la tasa de pérdida de materia orgánica. Las especies que producen materia orgánica, y así aumentar el N mineralizable, quizás también puedan mejorar el equilibrio de nutrimentos.

El contenido de nutrimentos de cinco árboles de *E. globulus* en Italia muestran los efectos de la cosecha; información que podría ser útil en los bosques tropicales (Cuadro 7-23). Estos árboles tienen un dap promedio de 24 cm y una altura promedio de 21,6 m. Los porcentajes del Cuadro 7-23 muestran que la extracción del fuste con corteza elimina más de la mitad de los nutrimentos aprisionados en la biomasa sobre la superficie del suelo. En plantaciones que rinden 15 m³/ha/año, esto significaría un promedio de eliminación anual de 8,2 kg/ha/año de N, 2,8 kg de P, 9,9 kg de K, 50,4 kg de Ca y 4,0 kg de Mg.

En los sitios donde la adición de N en el momento del plantado no estimula demasiado el crecimiento, puede ser que la vegetación en competencia está mejor preparada que los árboles recién plantados para aprovecharse del N añadido (Wollum y Davey 1975). Aún cuando la competencia sea controlada, la reacción a grandes dosis de N es de corta vida. No es posible crear reservas de N de larga duración en el suelo, como sí se puede hacer con P y K. Por consiguiente, la cantidad necesaria de fertilizante a base de N depende

Cuadro 7-22.—Devolución de nutrimentos por la hojarasca en una plantación de teca (*Tectona grandis*) de diez años y en bosques naturales del África occidental

Fuente	Promedio de devolución anual en tres años (kg/ha)				
	N	P	K	Ca	Mg
Plantación de teca, Nigeria					
Hojas	82.0	8.4	63.5	179.0	20.0
Semillas, partes florales	6.5	.7	5.6	3.8	.9
Ramas menudas	2.0	.4	2.6	3.5	.6
Total	90.5	9.5	71.7	186.3	21.5
Bosque húmedo perenne, Burkina Faso	164.0	11.0	54.0	73.0	— ^a
Bosque húmedo deciduo, Ghana	199.0	7.0	68.0	206.0	— ^a

Fuente: Egunjobi 1974.

^aDatos no disponibles.

N = Nitrógeno. K = Potasio. Mg = Magnesio. P = Fósforo. Ca = Calcio.

Cuadro 7–23.—Contenido de nutrimentos de cinco árboles de *Eucalyptus globulus* en Italia

Elemento	Biomasa seca (g/árbol)	Biomasa aérea (%)		
		Fuste y corteza	Ramas	Hojas
Nitrógeno	672	59	13	28
Fósforo	57	71	14	15
Potasio	306	60	14	26
Calcio	1,808	68	24	8
Magnesio	301	82	13	5

Fuente: Lubrano 1968.

muchísimo de los requerimientos *actuales* de la planta (Wollum y Davey 1975). Además, no es siempre beneficioso eliminar la vegetación que parece estar compitiendo con los árboles jóvenes; algunos tipos de vegetación pueden mejorar la economía del N lo suficiente como para compensar cualquier efecto negativo.

Los resultados variables obtenidos se deben, posiblemente al abastecimiento natural de nutrimentos; lo que quiere decir que algunas aplicaciones se hicieron cuando el suministro de nutrimentos era adecuado o excesivo. Además, en plantaciones no raleadas y establecidas los árboles podrían estar demasiado apiñados para reaccionar (Schultz 1976).

Un estudio en Australia con *P. radiata* (Turner 1982) demuestra los beneficios a largo plazo de la aplicación de fósforo (P). La plantación recibió el tratamiento a los cuatro años; a los 16 años, el área basal de la plantación que había recibido 100 kg/ha de P había aumentado 3,2 veces y el volumen era 4,5 veces el de la parcela de control. Después de 30 años, el dap promedio de las dos plantaciones había alcanzado 38,7 cm y 26,5 cm respectivamente y la ganancia neta del cultivo era de A\$8600 por hectárea comparado con A\$3195 por hectárea. Todos los tratamientos menos el más bajo (25 kg/ha) fueron gananciosos.

Otra fuente de inconsistencia en cuanto a la acción del fertilizante fue la interacción de deficiencias múltiples de nutrimentos. Es común ver resultados positivos con el uso de N y P en conjunto, donde el uso de N por sí sólo es inefectivo o dañino. Se han registrado tales resultados con neem (*Azadirachta indica*), eucaliptos, pinos y

Gmelina (Jackson 1973). Tal confusión se puede eliminar incluyendo en cada prueba uno o más tratamientos en que todos los nutrimentos, aparte del que se está ensayando, están presentes y disponibles en abundancia.

Aunque muchos ensayos de fertilización del *Eucalyptus* han producido resultados inconsistentes, existen pruebas que se pueden lograr condiciones óptimas de nutrimentos y que el esfuerzo vale la pena (Cromer y Hausen 1972). En Victoria, Australia, la aplicación de 101 kg/ha de N en forma de sulfato de amonio y nitrito de amonio, y 45 kg/ha de P duplicó el crecimiento en altura en los dos años posteriores y aumentó en diez veces la producción de madera, sin que se presentaran mayores efectos adversos en los valores de densidad, extractivos, lignina o pentosano.

Los resultados de pruebas de fertilización en todo el mundo, sugieren algunos tratamientos que merecen ser ensayados en otros sitios. Se han efectuado numerosos ensayos con *P. caribaea*. Un ensayo inicial en lo que hoy es Belice comparó los efectos de aplicar 14 g, 28 g y 56 g de superfosfato triple por árbol (Anón. 1959g). La cantidad más pequeña tuvo un efecto pronunciado en el crecimiento en altura, mientras que las cantidades mayores arrojaron resultados poco mejores.

Los tratamientos de fertilización aplicados a *P. taeda* en el sur de Queensland, Australia, a los tres años mostraron que la reacción al fósforo dependía de la condición del nitrógeno (Richards y Bevege 1967a). Para garantizar una reacción inmediata al P, se debía añadir N también. La razón beneficio/costo con el fertilizante fue de 1,33 en comparación con 1,03 sin fertilizante. Parte del beneficio fue que con los nutrimentos añadidos

se logró sostener 2220 tallos por hectárea hasta los siete años, que es la edad de raleo para pulpa; sin fertilización, sólo se pudo sostener 1000 tallos por hectárea.

En Brasil, la fertilización completa de *P. caribaea bahamensis* en el momento del plantado aumentó el crecimiento en altura durante el primer año en un 67%, pero en el segundo año, los efectos del N ya no eran significativos (Simoes *et al.* 1970). Por otro lado, las aplicaciones de P, K, y Ca continuaron siendo beneficiosas.

En Australia, el fósforo aplicado a *P. taeda* a los ocho años produjo resultados notables cuatro años más tarde (Anón. 1952a). El volumen de madera sin corteza hasta un diámetro mínimo de 7,6 cm a la edad de 12 años con fertilización fue de 88 m³/ha; o sea, 11 m³/año, en comparación con sólo 7 m³/ha/año sin fertilizante. Con 213 kg/ha de superfosfato aplicado a los ocho años, el volumen a los 12 años aumentó 49 m³/ha/año; o sea, 12 m³/ha/año. Con 430 kg/ha de superfosfato, el aumento fue de 84 m³/ha (21 m³/ha/año). Con 918 kg/ha de superfosfato, el aumento fue de 155 m³/ha (39 m³/ha/año). La aplicación de 1774 kg/ha de superfosfato aumentó el rendimiento a 157 m³/ha, casi lo mismo que la aplicación anterior. Estos rendimientos cinco veces más altos que los obtenidos sin fertilización probablemente no se pueden mantener, pero son indicativos de una severa deficiencia de fósforo.

La aplicación de fertilizante a *E. saligna* en suelos latosoles rojo-amarillentos en Sao Paulo, Brasil, aumentaron el crecimiento de manera espectacular (Mello *et al.* 1970). Se aplicaron 54 kg/ha de N, 172 kg/ha de P₂O₅ y 25 kg/ha de K₂O. A los cinco años, el rendimiento de la plantación fertilizada fue de 50 estéreos/ha/año, en comparación con 30 estéreos/ha/año para la plantación sin fertilizar.

En Darwin, Australia, la irrigación de *Anthocephalus chinensis* con aguas negras provocó un crecimiento de hasta 10,6 cm dap y 8,2 m de altura en 18 meses (Cracium 1978).

Estos ejemplos de reacción a los fertilizantes no han sido demostrados por completo, pues su significancia es más cualitativa que cuantitativa. Además, en muchos de estos estudios se desconocía la disponibilidad inicial de nutrientes, así como la cantidad de fertilizante consumido por las plantas. Es evidente, sin embargo,

que cualquiera sea el uso local de fertilizantes en cultivos agrícolas, las deficiencias de nutrientes y la reacción de los árboles a la adición de nutrientes complementarios merecen ser estudiadas en viveros y en plantaciones jóvenes y estudiadas, particularmente donde existen problemas de crecimiento.

Raleos

Los productos de madera, tales como madera de aserrío y contrachapado, sólo se pueden obtener de árboles con ciertas dimensiones mínimas. A medida que el crecimiento de los árboles sobrepasa estas dimensiones, su rendimiento y valor aumentan y disminuye la proporción de material utilizable. El tamaño del árbol es importante aún para pulpa, porque el procesamiento de la madera industrial es lineal; los costos tienen que ver más con la cantidad de unidades manipuladas que con el tamaño. Para cubrir el volumen de un sólo árbol de 30 cm dap, se deben derribar y manipular de 15 a 20 árboles de 10 cm dap. Los árboles grandes también son más valiosos debido a la calidad superior de su madera para la mayoría de los productos. Por lo tanto, las metas forestales de producción, el plazo de las rotaciones y de las prácticas silvícolas se centra en el diámetro del árbol. Como índice de calidad de la producción, generalmente se favorece más el crecimiento diamétrico que el volumen de madera o el incremento de la biomasa. Los árboles de la mayoría de las plantaciones se plantan muy cerca unos de otros para que todos crezcan y alcancen un diámetro determinado al mismo tiempo. Los árboles excedentes cuestan dinero y compiten por luz, nutrientes y humedad. Sin embargo, su presencia acelera el cierre del dosel, suprimiendo el crecimiento de las malezas. También pueden fomentar el crecimiento de troncos verticales y derechos y dar sombra para que no se desarrollen ramas inferiores. Además, permiten la selección de árboles para la cosecha final.

Efectos del espaciamiento. Bajo la mayoría de las condiciones, el espaciamiento inicial influye en el rendimiento final mucho más que el raleo. Por ejemplo, una plantación sin ralear de *P. taeda* en el sur de EE.UU. con un espaciamiento de 2,4 m x 2,4 m rindió 256 m³/ha a los 34 años en comparación con 306 m³/ha de una plantación comparable con un espaciamiento de 1,5 m x 1,5 m (Wakeley 1969). Sin embargo, los raleos, que abarcaron el 30% de todos los árboles entre los 15 y los 19 años de edad, no tuvieron un efecto significativo en el rendimiento a los 30 años, en ninguno de los dos espaciamientos. Un espaciamiento más amplio es preferible debido a un menor costo inicial.

Con base en las observaciones iniciales sobre los efectos del espaciamiento en el trópico oriental, se obtuvieron las siguientes conclusiones (O’Conner 1935):

- El tamaño alcanzado por un árbol a una edad dada se relaciona con el espacio previamente disponible para su crecimiento; el sitio establece los demás factores que influyen en su tamaño.
- Hasta que los árboles plantados empiecen a competir entre ellos, exhiben un crecimiento estándar absoluto o normal para la especie y el sitio.
- Los árboles plantados a los que se deja crecer sin ralea mostrarán un crecimiento estándar absoluto o normal para la especie, región y densidad de plantación.

El espacio requerido por cada árbol aumenta con su tamaño. Por ejemplo, los árboles de *Shorea robusta*, cuyo dap es de 10 cm, necesitan sólo un espaciamiento triangular de 2 m para asegurar un libre crecimiento (Suri 1970b). Las necesidades durante el crecimiento de *Shorea robusta*, *A. chinensis* y *Tectona grandis*, una especie muy exigente de luz, aparecen en el Cuadro 7-24.

Dos plantaciones de *E. camaldulensis* en Israel demuestran el efecto del espaciamiento inicial sobre los rendimientos (Karschon 1960). El rodal con el espaciamiento más amplio mostró una superioridad pronunciada en calidad del rendimiento, aún a una edad temprana (Cuadro 7-25).

Cuadro 7-24.—Espaciamiento requerido en metros para un crecimiento libre de tres especies de árboles tropicales, con base en el dap			
Dap (cm)	<i>Anthocephalus chinensis</i>	<i>Shorea robusta</i>	<i>Tectona grandis</i>
10	2.0	3.5	9.4
20	4.1	5.1	11.0
30	5.7	6.7	12.3
40	6.5	7.6	13.8
50	— ^a	8.9	15.4
60	— ^a	— ^a	17.0
Fuente: Fox 1968b, Suri 1970b.			
^a Datos no disponibles.			

Cuadro 7-25.—Espaciamiento de <i>Eucalyptus camaldulensis</i> y calidad de árbol resultante en Israel				
Espaciamiento (m)	Edad (año)	Idoneidad de la madera (%)		
		Postes	Postes y pulpa	Astillas (Chips)
2 m 2	8	2	57	41
3 m 3	6	6	80	14
Fuente: Karshon 1960.				

Donde el objetivo principal es la biomasa, y no el tamaño del árbol, los rendimientos más altos deben coincidir con la culminación del crecimiento en área basal. En parcelas de pinos de Queensland, Australia, espaciadas para permitir un crecimiento libre, el crecimiento anual del área basal en plantaciones de 1360 árboles por hectárea culminó entre los 11 y 13 años (Tris 1956). Con 620 árboles por hectárea, culminó entre los 13 y 16 años, y con 320 árboles por hectárea, entre los 16 y 19 años.

La relación diámetro de copa/dap afecta el crecimiento del árbol, y es parcialmente definida por el espaciamiento. Esta relación ha sido positivamente demostrada en ensayos de espaciamiento de *P. elliotii* (Harns y Collins 1965). Los eucaliptos no toleran que las copas se mezclen, y por lo tanto, la razón diámetro de copa/dap constituye un índice del espaciamiento que los eucaliptos necesitan (Lane-Poole 1936). Se ha derivado una razón de 18 para muchas especies de *Eucalyptus*, lo que sugiere que una densidad completa corresponde a las cifras que se indican en el Cuadro 7-26.

Cuadro 7-26.—Número de árboles de <i>Eucalyptus</i> por hectárea, en función del diámetro de copa/dap		
Dap (cm)	No. de árboles por hectárea	Área basal (m ² /ha)
10	1,950	16
20	600	19
30	290	21
40	170	22
50	110	22
60	80	22
Fuente: Lane-Poole 1936.		

Estudios en la zona templada con *P. banksiana* y *Populus tremuloides* confirman que el traslape de copas afecta el crecimiento (Bella 1969). Usando razones de diámetro de copa/dap de árboles en campo abierto como control y midiendo la influencia de la competencia en árboles que crecen en un ambiente cerrado (sumatoria de la zona de traslape de árboles que compiten entre sí) Bella determinó que el traslape es responsable del 70% de la variación en el crecimiento del área basal por árbol.

Los estudios han establecido un rango natural de razones de diámetro de copa/dap para muchas especies (Sandrasegaran 1966a): *E. robusta*, de 17 a 19; *E. grandis*, de 17 a 26 (la parte inferior del rango para árboles grandes con 60 cm dap); *E. saligna*, de 18 a 26; *Swietenia macrophylla*, de 18 a 21; *G. arborea*, de 18 a 32; *T. grandis*, de 22 a 30; y *Maesopsis eminii* (muy exigente de luz), de 36 a 39.

A medida que una plantación de edad uniforme crece, la competencia afecta a los árboles de varias maneras (Catinot 1969a). El promedio de crecimiento del árbol decrece; se forman, por lo general, tres estratos arbóreos: dominantes, dominados y suprimidos. Esta estratificación resulta de una disminución diferenciada en la disponibilidad de agua, lo que reduce la transpiración, y por lo tanto, la fotosíntesis (porque los estomas están menos abiertos) y la disponibilidad de H, lo que disminuye la actividad del cambium.

Los minerales disponibles se deben distribuir más estrictamente para una biomasa cada vez mayor; para la nueva madera hay una menor cantidad de componentes disponibles. Estas limitaciones se ven en el desarrollo de cuatro plantaciones de 12 años sin raleo de *P. caribaea* en Puerto Rico (Cuadro 7-27). Aún cuando el

espaciamiento de la plantación es uniforme, las variaciones locales del suelo afectan la extensión y la salud de los sistemas de raíces. Estas influencias durante el establecimiento y poco después, antes de comenzar la competencia entre los árboles, afectan significativamente las tasas de crecimiento inicial y el crecimiento de los árboles individuales (Day 1966). El efecto sostenido de una ventaja inicial ha sido demostrado en varios estudios; en una plantación de *Triplochiton scleroxylon* en Nigeria, el 70% de la variación del incremento en área basal por árbol se relacionaba con el área basal del árbol desde el comienzo del período (su ventaja relativa anterior), y sólo el 11% se debía a la proximidad actual de los árboles cercanos (Lowe 1967b). En un estudio comparable de *Shorea robusta*, el 77,5% de la variación diamétrica se explicaba por su tamaño inicial (Suri 1970a).

La altura del árbol a una edad dada, una medida estándar de la calidad del sitio, no es afectada esencialmente por el espaciamiento de los árboles. Esta suposición es generalmente cierta en plantaciones con espaciamientos anchos pero no con espaciamientos estrechos. Un estudio de *P. elliottii* en EE.UU. mostró que en una plantación sin raleo, la altura del árbol después de 11 años aumentó debido al espaciamiento (Harns y Collins 1965). A los 14 años, el promedio en altura de los árboles dominantes y codominantes fue de 12,2 m con una densidad de 2470 árboles por hectárea y 9,8 con una densidad de 14 820 árboles por hectárea (Collins 1967).

Razones para raleo. El raleo se hace para lograr lo siguiente (Fraser 1965):

- Acelerar el crecimiento en diámetro (acortar la rotación).
- Aumentar el porcentaje de árboles que alcanzan la madurez.
- Mejorar la calidad de la madera (Fig. 7-5).
- Obtener rendimientos intermedios.
- Aumentar la penetración de la luz para desarrollar copas más grandes.
- Aumentar la temperatura del piso forestal para acelerar la descomposición.

Cuadro 7-27.—Efecto del espaciamiento en *Pinus caribaea* de 12 años no raleado en Puerto Rico

Espaciamiento medio triangular (m)	No. de árboles por hectárea	Dap medio (cm)	No. de fustes/m ³
1.6	4,090	15.0	6.3
2.7	1,370	24.1	2.6
3.5	840	27.8	1.6
4.3	550	29.3	1.5

Fuente: Whitmore y Liegel 1980.



Fig. 7-5.—El raleo de *Araucaria angustifolia* en el norte de Argentina deja los mejores árboles para la cosecha final.



Fig. 7-6.—Un raleo temprano en plantaciones de pinos para postes permite que entre suficiente luz a través del dosel para mantener una cobertura herbácea que protege el suelo.

- Aumentar las corrientes internas de aire.
- Reducir la humedad.
- Fomentar el desarrollo de raíces.
- Mantener la cobertura herbácea para controlar la erosión (Fig. 7-6).

Existen muchas evidencias de que el raleo acelera el crecimiento diamétrico. Por ejemplo, una plantación de *E. deglupta* raleado al 60% a los 3,5 años tuvo un año después un incremento diamétrico promedio del 18% en relación con la plantación sin ralear (Ugalde Arias 1980). Pero los raleos generalmente reducen el crecimiento en volumen; por consiguiente, cuando el producto deseado es la biomasa utilizable (lo usual en la mayoría de las plantaciones de *Eucalyptus*), el raleo puede producir efectos contrarios a los deseados. El espaciamiento de plantaciones para aumentar la biomasa debe ser lo suficientemente amplio como para permitir que los árboles alcancen el tamaño de cosecha, sin ralear. El espaciamiento puede ser de 2,5 a 3,0 metros, y los árboles se cosechan entre los 5 y 12 años la primera cosecha, y luego cada 6 u 8 años. Es posible que los árboles genéticamente mejorados puedan alcanzar mucho antes el tamaño para pulpa.

Además de acelerar el crecimiento del diámetro, el raleo puede ofrecer beneficios económicos. Los productos

intermedios, si son comerciales, pueden cubrir los gastos que la plantación acarrea (Fig. 7-7). El crecimiento más rápido que resulta de ralear debería reducir el plazo de la rotación. La calidad y el precio de venta de la cosecha final deberían estar muy próximos al máximo.

La experiencia con los raleos en condiciones locales debería revelar los costos y beneficios de prácticas alternativas. Cuando esta información se conoce, quien maneja la plantación puede planear un cultivo equilibrado, seleccionando la combinación óptima de



Fig. 7-7.—Los raleos para la producción de madera para pulpa proporcionan una ganancia parcial rápidamente que amortiza las inversiones.

espaciamientos, desmalezados, podas, raleos, rotaciones y rendimientos.

El producto final deseado afecta las prácticas de raleo, según se desprende de los estudios con *P. resinosa* en EE.UU (Lundgren 1981). El área basal residual óptima, sin tomar en cuenta el producto, resultó ser de 28 a 32 m²/ha. Para una biomasa utilizable y máxima, la cantidad óptima de árboles fue de 3950 árboles por hectárea. Para el volumen utilizable de madera en rollo, fue de 1970 a 2470 árboles por hectárea, y de 500 árboles por hectárea para madera aserrada.

Los principios del raleo que se desarrollaron hace muchas décadas en la India todavía están vigentes (Singh 1955). Estos principios requieren que el enfoque se centre en la cantidad de árboles que quedan, no en la cantidad de árboles que se eliminan, en que las copas de los árboles restantes queden libres y en el tamaño de los claros abiertos.

El resultado de las experiencias de raleo en África del Sur fue el desarrollo de dos coeficientes como base de los regímenes de raleo (O'Conner 1935). El coeficiente de supresión es el cociente del volumen de cualquier árbol, dividido por el volumen de un árbol de la misma edad que crece libremente en el mismo sitio. El coeficiente de reacción es el cociente de crecimiento de un árbol después del raleo, dividido por el de un árbol comparable no raleado. Con estos coeficientes para las distintas edades de árboles y condiciones de crecimiento es posible determinar:

- el mejor espaciamiento para el crecimiento de árboles de cualquier tamaño
- el mejor espaciamiento y rotación para obtener una producción máxima en volumen, sin tomar en cuenta el tamaño del árbol
- los efectos relativos de las distintas intensidades de crecimiento del árbol y del rodal
- un régimen de raleo para la producción de árboles de cualquier tamaño maduro.

Para mantener un crecimiento diamétrico rápido y simultáneamente usar el sitio para una producción óptima, se deben decidir tres cuestiones básicas en cuanto a los raleos: la época en que se debe ralear, el

número de árboles que deben permanecer y la naturaleza de los árboles con que se ha de quedar.

Cuándo ralear. Una plantación no se debe ralear demasiado pronto para no favorecer el crecimiento de malezas ni la ramificación de los árboles. Por otra parte, si la plantación es tan densa que el crecimiento diamétrico se ha reducido, el raleo no es capaz de recuperar tales pérdidas. A medida que los árboles crecen y requieren más espacio, el raleo debe ser repetido, dejando progresivamente una menor cantidad de árboles.

Es posible que un raleo temprano favorezca la vida de una plantación. Si se lo efectúa antes que la competencia sea severa, el raleo puede prevenir un desequilibrio perdurable entre el sistema radicular y la copa de los árboles (Day 1966). Esta idea es la que sustenta el raleo de los pinos en el sur de EE.UU cuando las copas de los árboles dominantes y codominantes apenas alcanzan entre el 35 y 40% de la altura total (Wakeley 1954). *E. deglupta*, una especie de crecimiento rápido y exigente de luz, se raleó al segundo año de vida, y se obtuvieron 22 m³/ha, de los cuales 6 m³ correspondieron a postes (Rappard 1951).

El raleo temprano resulta en una tasa máxima de crecimiento inicial, pero además en una disminución rápida del crecimiento (Assman 1970). El crecimiento de los rodales raleados muy al inicio puede ser sobrepasado por los rodales raleados más tarde y menos intensivamente, lo cual produce un menor crecimiento inicial pero un período de crecimiento más largo.

El raleo temprano fue particularmente importante con especies de crecimiento muy rápido, tales como *Ochroma lagopus*. En Malasia, cuando se plantó *O. lagopus* con un espaciamiento de 4,3 m x 4,3 m y no se raleó, sólo el 45% de los árboles alcanzaron una tasa de crecimiento diamétrico de 9,7 cm/año en el primer año, 13% en el segundo, y ninguno en el tercero (Wycherly y Mitchell 1962).

Estudios de raleo de *P. caribaea hondurensis* en Queensland, Australia, mostraron que a medida que el área basal en pie aumentaba (hasta 60 m²/ha), el crecimiento del área basal también aumentaba, lo que quiere decir que el raleo no reporta beneficios al volumen total de producción (Anderson *et al.* 1981). Sin embargo, se sugirió que un sólo raleo pre-comercial a

Cuadro 7-28.—Regímenes de raleo para especies de árboles tropicales de 15 años, con base en la relación diámetro de copa y dap

Dap (cm)	No. de árboles por hectárea ^a		No. de extracciones por ha	
	Coníferas y eucaliptos	Otros	Coníferas y eucaliptos	Otros
15	1,300	1,100	740	760
30	560	340	310	190
45	250	150	250	70
60	0	80	0	80

Nota: para un espaciamiento triangular, divida el número de árboles por hectárea por 0.866 y aumente las extracciones de acuerdo con el resultado.

^aEspaciamientos de plantación deseables: coníferas y eucaliptos, 14 x dap; otros, 18 x dap.

una edad de cinco años, aproximadamente, hasta dejar 750 tallos por hectárea, puede tener otros valores, como la eliminación de los peores árboles, una mayor resistencia contra los vientos y una tasa de crecimiento acelerada, reduciendo el rendimiento final sólo en un 10%. Se espera que la mortalidad sea muy poca antes que los bosques alcancen 70 m²/ha, coincidiendo con la edad de rotación.

Cuántos árboles dejar. El espaciamiento deseable para una plantación se puede derivar a partir de las características del diámetro de copa con fustes de distintos diámetros. El diámetro de copa de tales árboles, un índice aproximado de su potencial de fotosíntesis, está estrechamente relacionado con el dap. En coníferas y eucaliptos, el diámetro de copa es casi 14 veces mayor que el dap; en la mayoría de las especies tropicales debe ser casi 18 veces mayor. Estas relaciones sugieren un área basal máxima de casi 40 y 24 m²/ha, respectivamente, con espaciamientos cuadrados. La intensidad de raleo para dejar espacios adecuados para las copas entre raleos cada 15 años, en plantaciones con fustes de distintos diámetros se dan en el Cuadro 7-28.

El área basal se ha usado en Trinidad como guía para ralear *P. caribaea* (Lackhan 1976). Cuando no existen mercados para los productos de los primeros raleos, se plantan sólo 1330 árboles por hectárea. Cuando el rodal alcanza un área basal de casi 25 m²/ha, entre los 10 y 15 años, se eliminan 7 m², y otros 5 m² cuando el área basal restante alcanza 26 m²/ha.

Si la intensidad del raleo está guiada por el diámetro de copa, se requiere el área abarcada por la copa necesaria

para sustentar una tasa de crecimiento diamétrico aceptable. Teóricamente, las copas de los árboles deben desarrollarse de tal modo que se complementen unas con otras perfectamente, ocupando el área entera. Eso significa que la máxima cantidad de árboles (antes del raleo), que se podrían acomodar usando un espaciamiento triangular podría ser 10 000 dividido entre 0,866 y multiplicado por el área de copa de cada árbol en metros cuadrados.

Cuáles árboles dejar. La tercera decisión básica se centra en el producto final. Debido a que el raleo generalmente se practica cuando la meta es obtener fustes grandes, limpios y bien formados, los árboles que se deben dejar son aquellos que tienen el potencial de alcanzar los estándares mencionados. Idealmente, se deben dejar los árboles más grandes y más derechos, con espaciamientos regulares. Este tipo de raleo se denomina “por lo bajo”, porque principalmente se eliminan los árboles pequeños. En Trinidad, por ejemplo, en las plantaciones de *P. caribaea* se ralean los árboles moribundos, enfermos o suprimidos; los árboles de copas estrechas, dañados por las copas de árboles cercanos; los árboles de copa ancha y mala forma; los árboles sub-dominantes de copa severamente comprimida y los árboles codominantes cuyas copas interfieren con las de buenos árboles dominantes (Lackhan 1976).

Una técnica ampliamente usada en las plantaciones jóvenes, debido a la facilidad de supervisión, consiste en el raleo mecánico o en hileras; esto es, la eliminación de hileras alternas. Entre árboles jóvenes, el raleo en hileras no elimina tantos árboles con posibilidades como para

Cuadro 7-29.—Diferenciación de *Anthocephalus chinensis* sin raleo en Sabah (dap en cm)

Edad (años)	Espaciamientos			
	3.6 m x 3.6 m		6.1 m x 6.1 m	
	Promedio	Mejores 50 árboles por ha	Promedio	Mejores 50 árboles por ha
4.0	— ^a	— ^a	12.8	19.9
6.0	— ^a	— ^a	19.0	26.5
8.0	14.0	25.5	— ^a	— ^a
11.8	18.0	29.7	— ^a	— ^a

Fuente: Fox 1968b.

^aDatos no disponibles.

impedir la selección posterior de una cosecha de calidad. Cuando la eliminación de hileras alternas es inadecuada en el primer raleo, se pueden eliminar otros árboles de las hileras remanentes. Otro enfoque es establecer un diámetro mínimo de corta y eliminar los árboles de diámetro menor. Se pueden usar cintas de marcado o calibradores fijos para facilitar la identificación.

Un estudio con *P. patula* de seis años de edad en Colombia (Ladrach 1979) mostró que después de un raleo mecánico por hileras, el 50% de los árboles aumentó de 10,4 a 10,9 cm de dap promedio, en tanto que el raleo por lo bajo de árboles individuales seleccionados elevó el promedio del dap de 10,9 a 12,7 cm. Cuatro años más tarde, el raleo por lo bajo mostraba una diferencia a su favor de 1,5 cm en dap.

El raleo por lo bajo automáticamente aumenta el diámetro medio porque se eliminan los árboles más pequeños. Este aumento, desde luego, no refleja el crecimiento. Los datos relativos a *Anthocephalus chinensis* de Sabah (Fox 1968b) (resumidos en el Cuadro 7-29), ofrecen una ilustración espectacular de las ganancias instantáneas provocadas por el raleo. Estos datos muestran que la selección de los árboles más grandes produce un aumento en el diámetro promedio un 50% o más. Los estudios sobre el estímulo al crecimiento deberían establecer relaciones con el diámetro promedio después (y no antes) del raleo. Esta relación con la tasa de crecimiento se encuentra en los datos de plantaciones de 30 años de *Swietenia macrophylla* y *Tarrietia utilis* en Costa de Marfil (Martinot-Lagarde 1961), según el resumen presentado en el Cuadro 7-30.

Estudios efectuados en Kenia con *Cupressus lusitanica* (Pudden 1959) ilustran lo importante que es distinguir entre los efectos del espaciamiento sobre el tamaño de los árboles de cosecha final (gran parte de los cuales son dominantes) y sus efectos en los árboles promedio. Los datos del análisis de regresión, con base en miles de hectáreas de plantaciones, mostraron que el efecto de la densidad del rodal sobre el diámetro o la altura de los árboles de cosecha final era insignificante. Esto pone en duda algunos de los supuestos beneficios del raleo.

Las recomendaciones sobre el raleo en Uganda (Lamb 1968e) se centran en la calidad de los árboles remanentes, y no en las deficiencias de los que se van a eliminar. La forma y la altura de los árboles residuales se

Cuadro 7-30.—Crecimiento diamétrico en relación con el tamaño del árbol para *Swietenia macrophylla* y *Tarrietia utilis* en Costa de Marfil

Porción del rodal	Crecimiento medio anual del diámetro (cm)	
	<i>S. macrophylla</i>	<i>T. utilis</i>
Todos árboles	0.68	0.63
300 árboles mayores por ha	1.02	0.80
150 árboles mayores por ha	1.20	0.96
50 árboles mayores por ha	1.39	1.14

Fuente: Martinot-Lagarde 1961.

consideran más importantes que el diámetro del fuste. La selección de los mejores árboles requiere que se ponderen otras características, como ausencia de curvaturas o torceduras; ausencia de acanalamientos; el tamaño, ángulo y persistencia de las ramas; su aparente inmunidad a los ataques de hongos e insectos y su mayor tamaño en altura y dap, en relación con los cinco vecinos más cercanos. Las plantaciones aisladas que se han raleado una o dos veces usando estos criterios constituyen una posible fuente de semillas de calidad superior.

Generalmente, los árboles por eliminar se seleccionan tanto para mejorar la calidad del cultivo restante, como para obtener un rendimiento inmediato. Por esa razón se dejan los mejores árboles y se eliminan los peores. Los árboles muertos o moribundos (o totalmente oprimidos) se eliminan si son comerciales, pero de otro modo su eliminación es de poco o ningún significado para la productividad futura. Los árboles cuya forma es demasiado pobre para rendir productos primarios, cualquiera que fuese su vigor, generalmente son los que deben eliminarse justo después. Finalmente, los árboles que quedan se deben ralear para liberar a los más prometedores. El grado de intervención debe buscar la relación más favorable entre costo y reducción de la competencia (Schulz y Rodríguez 1966).

Aunque el raleo busca acelerar el crecimiento de los árboles más deseables, el enfoque del raleo por lo bajo no se centra enteramente en este objetivo, debido a que algunos de los árboles grandes menos deseables pueden estar compitiendo con los mejores. Un enfoque ensayado con *P. caribaea* en Puerto Rico es identificar y marcar con pintura un buen número de árboles de cosecha como madera de aserrío (casi 300 por hectárea). Entre los 7 y 9 años, el raleo elimina para postes los árboles adyacentes tan altos o más altos que los árboles de futura cosecha. Se supone que no se necesitará otra liberación, y que los árboles que quedan y que no son competidores ni van a competir en el futuro, se aprovecharán para postes a medida que se los necesite, antes que el dosel se cierre sobre ellos, ya que no interfieren con el progreso de la cosecha final.

Consideraciones económicas. En gran medida, la práctica del raleo está regida por consideraciones prácticas. Los raleos cuestan dinero, e inicialmente pueden rendir tamaños pequeños para los cuales quizás no hay mercado. Las plantaciones donde el espaciamiento es suficientemente amplio como para

evitar raleos pre-comerciales, quizás requieran períodos de desmalezado más largos y especial atención al podado. Los raleos livianos y frecuentes parecen ideales desde el punto de vista del crecimiento diamétrico sostenido y rápido, pero pueden rendir tan poco material utilizable que no son prácticos. Los raleos menos frecuentes, por otra parte, deben ser más severos (dejando el bosque abierto y menos productivo durante el período inmediatamente posterior), o permitir que el bosque se vuelva muy denso, lo que impide un crecimiento diamétrico rápido antes del raleo siguiente.

En Australia, el costo de cosechar *P. caribaea* es casi el doble del costo de producción, así que se pueden esperar ahorros significativos a partir de raleos menos frecuentes y más pesados (Hanson 1966). Por razones económicas, se piensa que el raleo de *P. taeda* para pulpa en EE.UU no ofrece ninguna ventaja productiva; en tanto que los raleos para obtener madera de aserrío sí se consideran beneficiosos, principalmente porque ayudan a acortar el período de rotación (Goebel *et al.* 1974).

En el neotrópico, el raleo no se ha justificado extensamente con base en razones económicas (Wadsworth 1978), y quizás no se generalice hasta que haya una mayor demanda por productos pequeños. La producción actualmente se orienta hacia la fibra (Bryant y Williston 1978). Quizás las metas sociales y económicas se logren mejor si se considera que las maderas de aserrío y contrachapado son productos primarios (de alto valor), y que las maderas para pulpa, tableros de partículas y leña son productos secundarios, por grande que sea el volumen de estos últimos, en comparación con los anteriores.

Efectos del raleo en la madera. Para comprender cómo el raleo afecta las propiedades de la madera es necesario saber cómo estas propiedades se relacionan con la edad, la tasa de crecimiento del árbol y la posición de la madera en el fuste. Por ejemplo, ya hace tiempo se comprobó que la madera de teca con menos de 1,6 anillos por centímetro es débil; la madera más fuerte tiene de 2,0 a 2,4 anillos por centímetro (Limaye 1942).

Los estudios de maderas blandas cultivadas en el Reino Unido han demostrado que la densidad varía con la edad del árbol (Rendle y Phillips 1957). La madera de anillos anchos formados a mitad de la vida es más densa que la de anillos de ancho similar, pero formados a una edad más temprana. La mayor densidad de la madera

más tardía no depende, como se suponía, de que el crecimiento diamétrico declina con el tiempo. Después de una cierta edad, aún los árboles que crecen rápidamente pueden producir madera de densidad bastante mayor; sería engañoso, sin embargo, aseverar que la densidad de la madera depende casi enteramente de la edad del árbol cuando esta se formó.

Según Boyd (1968), la densidad y resistencia de *P. caribaea* en África del Sur aumenta con el tiempo hasta los 22 años. La madera de *P. radiata* formada durante los primeros cinco años puede tener una resistencia de menos de la mitad que la madera formada después de 15 a 20 años. El gran núcleo de madera juvenil en las coníferas de crecimiento rápido tiene un bajo porcentaje de madera tardía, un bajo peso específico, traqueidas cortas, una gran contracción longitudinal y, con frecuencia, veteado en espiral y madera comprimida. Sin embargo, las coníferas, además del *Eucalyptus*, pueden producir a una edad temprana madera de mejor calidad para la fabricación de papel en términos de rendimiento, resistencia al reventado, densidad de la hoja y resistencia al rasgado, que a una edad posterior. El raleo severo de los pinos resulta en una menor densidad de la madera y en traqueidas más cortas. Además, el espaciamiento desigual que resulte del raleo puede causar un crecimiento asimétrico de los troncos.

Boyd indica que los efectos del raleo sobre las angiospermas tienden a ser más variados. Con algunas especies, el crecimiento lento resulta en un peso específico menor, pero para otras puede ocurrir lo contrario. La producción rápida de madera tiende a afectar de forma adversa su uniformidad, textura, estabilidad dimensional, propiedades mecánicas y desgaste. Las propiedades de las maderas de los eucaliptos tienden a variar proporcionalmente con la densidad. La madera de plantaciones de crecimiento rápido tienen una densidad levemente inferior a la de bosques nativos. La madera de eucalipto de crecimiento rápido de Australia presenta serios problemas de manufactura debido a traumas de crecimiento, pero su baja densidad resulta en un secado fácil y buena trabajabilidad en máquina.

Las experiencias con *P. patula* en África del Sur han demostrado varios defectos en la madera de anillos amplios (Villiers *et al.* 1961); entre ellos, contracción longitudinal, textura dispareja, nudosidades, madera comprimida y grano en espiral. Los primeros anillos interiores invariablemente contienen madera de este

tipo, y la posibilidad de reducir el diámetro de ese núcleo es limitada. Un espaciamiento de 2,4 m x 2,4 m resultó en núcleos que sólo eran 2,5 cm más pequeños que los de los árboles en espaciamientos de 3,5 m x 3,5 m. Se dice que el espaciamiento estrecho aumenta el contraste entre la madera del núcleo y la madera tardía.

Aunque las coníferas tienden a tener traqueidas más largas que los árboles de crecimiento más lento, el raleo puede causar aumentos repentinos en la tasa de crecimiento que reducen el largo de las traqueidas en los anillos más recientes (Fielding 1967). La tendencia de las prácticas silvícolas de fomentar copas densas y profundas en las especies coníferas resulta en una mayor producción de madera temprana, y por consiguiente reducen el peso específico de la madera cerca de la copa. Sin embargo, las distintas tasas de crecimiento generalmente tienen poco o ningún efecto sobre el peso específico de la madera del núcleo.

El raleo severo de *P. taeda* en el sur de EE.UU. a los nueve años aumentó el ancho del anillo tres veces durante los siguientes cuatro años, de 0,26 a 0,71 cm (Smith 1968). El porcentaje de madera tardía declinó de 36 a 28%, y el peso específico de 0,45 a 0,42; ambas disminuciones fueron estadísticamente significativas.

Efectos del raleo en el rendimiento. El hecho de decidir, primero, si se debe ralear, y luego cuánto, tiene implicaciones muy importantes para el rendimiento. El administrador forestal debe conocer por anticipado la magnitud y el momento oportuno de los posibles beneficios. Algunas de las formas en que los raleos afectan los rendimientos —y por consiguiente la rentabilidad— se discuten con mayor detalle en el apéndice J.

El número reducido de fustes limita la selección de árboles para la cosecha final y la cantidad y calidad del producto en varias etapas, incluyendo tamaño y ahusamiento del fuste, ancho de los anillos, densidad de la madera, largo de las fibras y características y distribución de los nudos (Wardle 1968).

El raleo se basa en la premisa de que por encima de un cierto límite, el aumento en la densidad del rodal reduce el volumen útil por unidad de área. El diámetro promedio del fuste, el tamaño de las ramas y el ahusamiento aumentan con el espaciamiento. La susceptibilidad a incendios y al ataque de enfermedades e insectos se reducen con el raleo.

El raleo afecta no sólo a los árboles remanentes sino también al sitio. La contribución de la hojarasca al contenido de nutrientes del suelo se relaciona estrechamente con el área basal del bosque, y por consiguiente se reduce proporcionalmente con la intensidad del raleo (Bray y Gorham 1964). El resto de los raleos pueden añadir un gran volumen de carbono al sitio, aumentando la razón del C al N (Wollum y Davey 1975). Es de esperar que con la descomposición de los organismos se agote el nitrógeno, pero esa eventualidad todavía no ha sido evaluada.

Sistemas de raleo. Los sistemas de raleo involucran la intensidad, selección de árboles y evaluación. La intensidad del raleo a menudo se expresa en términos del número o porcentaje de árboles eliminados. El énfasis por lo tanto es en los rendimientos inmediatos. Una clasificación estándar de raleos aplicada extensamente por los ingleses a través de los trópicos (Champion y Seth 1968) es la siguiente:

Clase de raleo	Árboles eliminados
A. Liviano	Moribundos, enfermos y suprimidos
B. Mode-rado	Árboles de la Clase A, más subdominantes defectuosos, árboles látigos y ramificados
C. Pesado	Árboles de la Clase B, más subdominantes y codominantes defectuosos que se pueden sacar sin que quede un claro permanente en el dosel
D. Muy pesado	Árboles de la Clase C, más todos los dominantes y codominantes que se pueden sacar, pero asegurando un rodal de árboles bien espaciados y distribuidos con buenos fustes y copas.

Una medida que refleja tanto los árboles como el área basal eliminada es la razón de raleo de Queensland (Bevege 1972):

Razón

=

(área basal eliminada dividida entre el área basal inicial)

(densidad eliminada dividida entre la densidad inicial)

Esta razón es sensible al tamaño de los árboles eliminados. La eliminación de numerosos árboles pequeños (un gran porcentaje de la densidad) produce un alto denominador en relación con el numerador, y por consiguiente una razón más baja. Bajo las condiciones de Queensland, la limpieza del sotobosque rindió razones de menos de 0,43. Las razones de los raleos por lo bajo convencionales varían de 0,43 a 0,56; de 0,57 a 0,81 los raleos severos por lo bajo y raleos ligeros de las copas, y de más de 0,81 los raleos severos de las copas.

Como refleja el tamaño y número de árboles, el área basal es una mejor medida de la intensidad de competencia entre árboles que el número de árboles; también, es simple de derivar a partir del diámetro de los árboles. Como medida del crecimiento volumétrico del rodal, sin embargo, el área basal no es sensible a la altura de los árboles. El uso del área basal para comparar el volumen de los raleos tempranos y tardíos puede ser distorsionado si los árboles eliminados al principio eran más cortos que los que se quitan luego (Assman 1970). Sin embargo, la altura comercial de la madera de latifoliadas tropicales tiende a fijarse bien temprano en la vida del árbol debido a la ramificación, haciendo que el área basal y el volumen estén directamente relacionados desde entonces.

Sin embargo, si los beneficios principales de los raleos tienen que ver con el aumento en calidad y cantidad de la producción del rodal residual pareciera más lógico clasificar los raleos por el porcentaje de fustes retenidos, en vez de eliminados. Una clasificación propuesta en la India fue la siguiente (Sagreiya 1944):

Clase de raleo	Porcentaje de fustes remanentes
Muy liviano	de 50 a 75
Liviano	de 33 a 67
Moderado	de 25 a 50
Severo	de 11 a 33
Muy severo	de 6 a 25

Los raleos también se han clasificado de acuerdo con la libertad de la copa (Singh 1947, 1960). Esta clasificación se basa en el porcentaje de árboles residuales que tienen copas libres.

La intensidad de los raleos está dictada en parte por la frecuencia; cuanto más largo el plazo tanto más espacio se debe dejar para cada árbol. Para determinar el espaciamiento apropiado, en la India se ha medido el ancho de la copa de árboles de crecimiento libre; para ayudar a ubicar visualmente los puntos en el suelo que se hallan verticalmente por debajo de los bordes de la copa del árbol se usa una plomada (Suri 1970a, 1975). Una vez relacionados matemáticamente el ancho de la copa y el diámetro del árbol, el espaciamiento requerido entre árboles de cualquier tamaño se puede determinar para cualquier crecimiento futuro proyectado. La frecuencia de raleos de *Shorea robusta* y *Tectona grandis* estaba diseñada para mantener un crecimiento de 5 cm dap; entonces, primero se calculó el espaciamiento requerido para una gama de diámetros promedio y luego ese cálculo se redujo un 15% para espaciamientos triangulares (Cuadro 7-24).

Si una plantación de árboles con un dap medio dado es raleada hasta lograr un espaciamiento triangular promedio, según se ve en el Cuadro 7-24, el crecimiento sería bueno hasta alcanzar un dap de 10 cm o más. Las diferencias entre las dos especies reflejan las razones naturales de diámetro de copa/diámetro del fuste de árboles que crecen libremente. *Tectona grandis* tiene una copa grande y necesita un espaciamiento más amplio.

La razón diámetro de copa/diámetro del fuste indica la intensidad de raleo necesaria, pero las razones apropiadas se deben determinar por especie y por tamaño de árbol. Estudios efectuados en Sabah con *A. chinensis*, especie exigente de luz y de crecimiento rápido, comprueban que esto es verdad (Fox 1968b, 1971). Los árboles de 10 cm dap tenían una razón de diámetro de copa a diámetro del fuste de 93, pero de sólo 52 con 20 cm dap; 39 con 30 cm dap, y 28 con 60 cm dap. Sin embargo, se ha descubierto que una razón tan baja como 18 conduce a un crecimiento rápido de la especie en los mejores sitios.

Durante décadas se han buscado guías matemáticas para determinar la intensidad de raleo. Al preparar los Cuadros del rendimiento de la teca para toda la India, Laurie (1938) derivó una fórmula casi lineal para el espaciamiento deseado:

$$S = 0,2472 d - 0,0014 d^2 + 0,8656$$

donde

S = espaciamiento cuadrado medio en metros
 d = diámetro medio de los árboles de cosecha en centímetros

Por consiguiente, el rodal cuyos árboles de cosecha tienen un diámetro medio de 15 cm, por ejemplo, deberían tener un espaciamiento promedio de aproximadamente 4,25 m. Para los raleos, Laurie recomendó que el espaciamiento mínimo fuese casi 1,5 veces el promedio derivado de esta manera; 6,4 en el ejemplo usado. Una fórmula posterior para el espaciamiento que se debería dejar después del raleo, también derivada para la teca, fue $S = 0,2 d + 2,25$ (Takle y Muyumdar 1956). Para el diámetro medio de 15 cm del ejemplo, esta fórmula arroja un espaciamiento mínimo de 5,2 m. El factor de espaciamiento de Matthews (1935) se ha convertido al sistema métrico para derivar las distancias medias entre árboles como guía para el raleo de todas las especies (Burger 1975):

$$D = d \sqrt{\frac{7854}{AB}}$$

donde

D = distancia media entre árboles en metros
 d = dap medio del rodal en metros
 AB = área basal media del rodal en metros cuadrados por hectárea

Para una plantación con un dap medio de 30 cm y un área basal de 20 m²/ha, el promedio de la distancia entre árboles es de 5,95 m. La fórmula es útil para determinar la distancia entre árboles de futura cosecha con requisitos específicos de diámetro y área basal. Por ejemplo, si se desea que un rodal maduro alcance un dap promedio de 50 cm y tenga un área basal de 30 m²/ha, el número de árboles remanentes por hectárea sería de 175, obtenido con base en la distancia de espaciamiento (8,1 m) y un espaciamiento triangular (153 x 1,15). Un número mayor de árboles (para compensar las posibles pérdidas) probablemente requiera la selección de nuevos árboles de futura cosecha y la correspondiente liberación y posible podado.

El factor de espaciamiento de Hart (Hart 1928) se ha usado extensamente como guía de raleo. Se ha designado como “S%” y expresa el espaciamiento triangular entre árboles como porcentaje de la “altura dominante”; o sea, la altura de los 100 árboles más altos

Cuadro 7-31.—Niveles de densidad adaptados a partir del factor de espaciamiento de Hart

S%	Fustes por ha por alturas máximas (m)				Densidad
	10	15	20	25	
10	1,250	556	312	200	Muy ligera
15	1,875	833	468	300	Ligera
20	2,500	1,111	625	400	Tradicional
25	3,750	1,666	938	600	Pesada
30	6,250	2,778	1,562	1,000	Muy pesada

Nota : El factor de espaciamiento de Hart (S%) expresa el espaciamiento medio triangular entre árboles como porcentaje de la “altura máxima”—la altura de los 100 árboles más grandes por hectárea (Hart 1928). Esta adaptación sustituye la altura media de los 250 árboles más grandes (en dap) y usa un espaciamiento cuadrangular en vez de triangular.

por hectárea. El índice estándar de densidad (1,0) es S% = 20. Se han usado variantes de este factor en el Reino Unido, para incluir la altura promedio de los 250 árboles más grandes por hectárea y un espaciamiento cuadrado en vez de triangular (Hummel 1953). Se han derivado varios niveles de densidades usando la modificación del Reino Unido (Cuadro 7-31).

Al usar el factor de espaciamiento de Hart, la frecuencia y la intensidad de los raleos se pueden guiar mediante un porcentaje fijo de árboles que se eliminan en cada raleo. El raleo con base en la altura se ilustra en el Cuadro 7-32, en el cual se supone que los raleos se efectuarán cada vez que los árboles logran un

crecimiento de 2 m de altura y que la densidad residual corresponderá a S% = 20 (Hart 1928, Hummel 1953b). Cuando el raleo se efectúa según el porcentaje de árboles que se han de eliminar, y la densidad máxima permitida es S% = 20, el raleo se puede fijar en 33%, según lo indica el Cuadro 7-33.

El factor de espaciamiento de Hart se ha usado en plantaciones de teca raleadas en Indonesia (Sudarm 1957) y de *E. saligna* en África del Sur (van Laar 1961). Para *P. caribaea* en Surinam, se supone que el raleo derivado del S% ha de declinar con el tiempo (Vincent 1970). El Cuadro 7-34 ilustra una práctica provisional para el sitio #1, comenzando cuando el valor de S% cae entre 20 y 23.

Estudios efectuados en Queensland, Australia, con *P. elliottii* y *P. taeda* llegaron a la conclusión que el área basal era una mejor base que el factor de espaciamiento

Cuadro 7-32.—Regímenes de raleo según el crecimiento en altura

Altura máxima (m)	Árboles residuales (no./ha)	Árboles eliminados (no./ha)	Porcentaje de árboles eliminados
10	2,500	0	0
12	1,736	764	31
14	1,276	460	26
16	977	299	23
18	772	205	21
20	625	147	19
22	517	108	17
24	434	83	16
26	370	64	15
28	319	51	14
30	278	41	13

Fuente: Hart 1928, Hummel 1953.

Cuadro 7-33.—Régimen del raleo eliminando el 30% de los árboles (no./ha)

Altura máxima (m)	Árboles residuales	Árboles eliminados
10.0	2,500	0
12.2	1,675	825
14.9	1,122	553
18.3	748	374
22.4	499	249
27.4	333	111

Fuente: Hart 1928, Hummel 1953b.

Cuadro 7-34.—Factor de espaciamiento (S%) provisional para ralear *Pinus caribaea* en Surinam

Edad (años)	Altura máxima (m)	S% residual (%)	Árboles residuales (no./ha)
6	14.7	29.2	625
9	20.0	26.0	425
14	24.5	25.3	300
20	27.3	24.8	250
30	30.1	0	0

Fuente: Vincent 1970.

Nota: S% = El factor de espaciamiento de Hart (Hart 1928).

de Hart para definir los regímenes del raleo (Robinson 1968). Cuando el raleo se hace por lo bajo, queda una amplia gama de áreas basales en pie que rinden un crecimiento máximo del área basal. Por consiguiente, se puede conseguir una producción de alto volumen, a partir de una densidad menor de lo que generalmente se considera necesario. El objetivo es manejar el rodal en el límite inferior, o justo debajo, de esta gama de áreas basales. Este enfoque quizás haga que se efectúen raleos no comerciales, o que se rebaje la edad del primer raleo comercial.

Los rodales deben mantenerse en o cerca del “área basal límite” sólo cuando quedan los árboles de cosecha final, después de lo cual se puede permitir que el área basal crezca hasta el nivel deseado (Bevege 1972). Los cronogramas de raleo permiten que la densidad del rodal oscile dentro del área basal límite para que el crecimiento del área basal durante el intervalo del raleo esté cerca del máximo. Un ejemplo sería permitir que el

área basal acumule hasta el 110% del nivel límite y luego ralear hasta un 90% de ese nivel. El área basal límite parece ser independiente de la edad, pero para *P. elliottii* en Queensland varía directamente con el sitio (Cuadro 7-35).

Selección de árboles. El enfoque natural para la selección de árboles que se deben ralear sería dejar los que parecen más prometedores. Sin embargo, la identificación de los árboles más prometedores puede requerir una pericia mayor de la que generalmente se halla disponible, así que la selección sistemática de árboles merece consideración.

El raleo sistemático -la eliminación de árboles por su ubicación en vez de su calidad- fue tan satisfactorio como el raleo selectivo de *Araucaria angustifolia* en Misiones, Argentina (Cozzo 1958). Parte de una plantación de ocho años con un área basal de 22 m²/ha se redujo a 20 m² mediante un raleo selectivo; otra parte se redujo a 17 m² mediante un raleo sistemático. Seis años más tarde ambos tratamientos tenían un área basal de 42 m²/ha, indicando que el raleo sistemático había producido un crecimiento del área basal de más del 14%. El promedio del diámetro también fue 1 cm mayor para el raleo sistemático que para el raleo selectivo. No se debe concluir, sin embargo, que el raleo sistemático es mejor, pero sí que quizás produce resultados tan buenos como los del raleo selectivo y por consiguiente quizás sea más práctico bajo ciertas circunstancias. Tales circunstancias parecen existir en plantaciones donde la supervivencia es grande, las hileras están bien diseñadas, la forma del árbol es buena y existe una gran cantidad de buenos árboles para futura cosecha. El raleo en hileras de *P. taeda* de 14 años en el sur de EE.UU. fue superior al del raleo selectivo simplemente porque era mucho más fácil de aplicar (Grano 1971).

Cuadro 7-35.—Efectos del sitio en el crecimiento en área basal de *Pinus elliottii* en Queensland, Australia

Índice del sitio ^a	Área basal límite (m ² /ha)	Crecimiento máximo del área basal (m ² /ha/año)		
		10 años de edad	20 años de edad	30 años de edad
15	21.6	1.4	1.0	0.5
21	27.1	3.1	1.3	0.8
27	32.7	3.8	1.7	1.0

Fuente: Bevege 1972.

^aEl índice del sitio se define localmente mediante la altura de los árboles a una edad dada.

El espaciamiento triangular se puede adaptar para facilitar el raleo en hileras (Wong 1966a). La distancia entre hileras finales debe ser 0,866 veces el diámetro final de copa, y el espaciamiento dentro de las hileras finales debe ser igual al diámetro final de copa. Si por ejemplo, el dap final de los árboles de cosecha debe ser 0,6 m y la razón diámetro de copa/diámetro del fuste es 20, el diámetro final de copa debería ser 12 m. Esta cifra multiplicada por 0,866 arroja un espaciamiento entre hileras de 10,4 m; dentro de las hileras, el espaciamiento debería ser de 12 m, para un espaciamiento final de 10,4 m x 12,0 m. El espaciamiento inicial podría ser un cuarto de estas distancias (2,67 m x 3,0 m), permitiendo que el raleo temprano sea sistemático y el tardío, selectivo.

Los raleos selectivos por lo general se efectúan por lo bajo; esto es, se eliminan los árboles de peor desempeño (el crecimiento más lento) y que muy probablemente continuarán siendo sobrepasados por los árboles más grandes. Normalmente, se espera que la eliminación de árboles suprimidos y dominados aumente el crecimiento de los árboles residuales, porque los que se eliminan son árboles que respiran mucho (Assman 1970). El resultado es una estructura más uniforme en el rodal. Sin embargo, en plantaciones que tienen un estrato superior muy irregular, o que son tan jóvenes que sólo los árboles grandes son comerciales, existen razones para efectuar el raleo “por lo alto”. Tales raleos tienen una mayor influencia en el área basal que el por lo bajo. En plantaciones de primera generación, la variación en la calidad de los árboles es tan grande que conviene seleccionar con base en la forma, eliminando a los árboles mal formados, sean grandes o pequeños.

En un estudio de *P. taeda* en el sur de EE.UU., plantaciones de 20 años se han raleado a 16, 20 y 23 m²/ha del área basal, algunas por lo bajo y otras por lo alto (Bassett 1966). Los rendimientos a los 35 años fueron casi los mismos en volumen y calidad para ambos tratamientos. El raleo por lo alto dejó sólo entre 40 y 54% de los dominantes o codominantes, en comparación con 98 a 100% en las plantaciones raleadas por lo bajo. El raleo por lo alto resultó en un dap promedio final algo menor, alturas comerciales más cortas y copas más pequeñas, pero ninguna diferencia en cuanto a clase de forma.

Un sistema híbrido de seleccionar árboles de futura cosecha se llama “ecléctico”. En las plantaciones que lo

usan, las hileras van en una sola dirección; se seleccionan grupos de árboles dentro de las hileras para asegurar una distribución relativamente uniforme. El sistema original, llamado Sistema Ecléctico Escocés (Scottish Eclectic System), ha sido adaptado y modificado en Queensland y en otras partes. El sistema ecléctico sólo selecciona árboles de cosecha. El grado en que van a ser liberados luego puede decidirse en el mismo momento, pero como un proceso separado.

El proceso de selección de árboles bajo el sistema ecléctico involucra caminar a lo largo de cada hilera de la plantación y seleccionar los árboles de cosecha entre los grupos de árboles próximos (incluyendo los espacios vacíos). Los grupos consisten de cuatro o cinco árboles, dependiendo de la cantidad de árboles por seleccionar (Pudden 1955, Sawyer 1962). Usando el sistema cuarteto, se selecciona temporalmente el mejor árbol del primer grupo de cuatro. Los árboles se eligen por tamaño, altura comercial, rectitud, ausencia de acanalados, cantidad de ramitas pequeñas y ausencia de lesiones. Si el árbol elegido es el número 1, su selección es final, y se pasa al siguiente cuarteto (árboles 5, 6, 7 y 8). Pero si el árbol seleccionado en el primer cuarteto es el número 3, la selección es tentativa hasta poder compararlo con los otros miembros de su cuarteto hacia delante; o sea, los árboles números 4, 5 y 6. Si el número 5 o 6 es superior al 3 (el árbol 4 ya había sido calificado inferior), el mejor de estos dos sustituye al 3 como árbol de selección final; si no, el número 3 queda como selección final, y el siguiente cuarteto comienza con el árbol número 5. Pero si el árbol 5 o 6 es seleccionado, el siguiente cuarteto comienza con el próximo árbol o espacio en línea, y se repite el procedimiento en los cuartetos 1 a 4.

El próximo paso del Sistema Ecléctico Escocés consiste en elegir a los árboles de cosecha a partir de los árboles seleccionados. Casi 150 fustes por hectárea se designan de este modo, los más prometedores con un espaciamiento de 10 m entre sí (MacDonald 1961). Los árboles dominantes que compiten con los seleccionados se marcan para eliminarlos. Entre los árboles más pequeños y próximos al árbol seleccionado, se escogen los más sanos y derechos, los que, si reciben suficiente luz, probablemente seguirán el paso a los árboles del cultivo. Estos seguidores se liberan, eliminando todo árbol más grande o de igual tamaño -aparte de los que se han seleccionado para el cultivo- capaz de competir seriamente con los árboles seleccionados.

Los árboles de cultivo se pueden marcar permanentemente para evitar tener que repetir el proceso de selección. Sin embargo, algunos administradores prefieren efectuar una nueva selección periódicamente para considerar posibles cambios en el vigor de los árboles individuales (Assman 1970).

Otra manera sistemática de liberar a los árboles de cultivo dentro de una plantación se basa en el espaciamiento y diámetro. Hace tiempo, Sagreiya (1946b) propuso la siguiente fórmula para liberar los árboles de cultivo de teca. Si la distancia (en metros) entre un árbol de cultivo y su vecino es menos que la suma de sus dap (en centímetros), multiplicado por 0,12 más 1,2, el árbol que no pertenece al cultivo debe ser eliminado. Por ejemplo, si un árbol de cultivo tiene un dap de 25 cm y su vecino tiene 21, se multiplica la suma de estos dos diámetros (46) por 0,12 y a ese producto se le suma 1,2; el resultado (6,7 m) es la separación necesaria entre los dos. Si el espaciamiento actual es más cercano al resultado de la separación entonces el árbol vecino se debe eliminar.

El número de árboles de cultivo que se debe seleccionar varía con el tamaño de los árboles de cosechas intermedias y final. Si se desean 100 árboles por hectárea para una cosecha final de madera de aserrío, se deben seleccionar el doble de los árboles de tamaño de poste (Assman 1970).

La práctica del raleo en plantaciones de África del Sur ha atraído mucha atención como resultado de las conclusiones alcanzadas por una serie de experimentos (Craib 1939). Esas conclusiones siguen siendo una guía cada vez que un raleo intensivo se considera apropiado. Aunque los rodales de mayor densidad siempre arrojan el promedio total más alto de crecimiento anual, el crecimiento comercial (el que sobrepasa un cierto diámetro del fuste) es más importante (Marsh 1957). Las evidencias de que la producción de árboles pequeños en plantaciones es un desperdicio porque no rinden tantos ingresos, aún cuando son comerciales, llevó a que Craib recomendara raleos más intensos y más tempranos que los tradicionales.

Las investigaciones de raleos de *P. patula* en 20 zonas de África del Sur demostraron que en plantaciones de 3000 árboles por hectárea, los árboles dominantes se suprimían a partir del tercer año de vida (Anón. 1947c). En plantaciones de 1500 árboles por hectárea, la supresión de los dominantes comenzó en el cuarto año;

con 750 árboles, en el sexto año; con 500, en el séptimo año; con 370 en el octavo y con 250 en el noveno. Estos resultados apoyan las recomendaciones de Craib, en el sentido de que se deben efectuar raleos tempranos e intensos.

Más tarde, Craib (1947) concluyó que ni las especies ni los sitios influyen sobre la edad en que comienza la competencia por nutrimentos en un rodal de una densidad dada. Craib sospechaba que aún el clima causaba poca diferencia. También concluyó que a medida que decrece la densidad, aumenta el promedio del diámetro. Este aumento, debido al mayor espacio disponible para el crecimiento, es pequeño durante la etapa juvenil pero aumenta con la edad. A medida que decrece la densidad, la altura promedio aumenta, aunque muy poco; y por último, a medida que decrece la densidad, el volumen total de producción por unidad de superficie terrestre también decrece. El volumen máximo de madera de aserrío generalmente se produce a densidades de 750 a 1250 árboles por hectárea; o sea, con espaciamientos iniciales que varían de 2,7 m x 2,7 m a 3,7 m x 3,7 m. La producción máxima temprana de madera de aserrar proviene de espaciamientos amplios y no cerrados. El objetivo ha sido producir anillos de un ancho uniforme de casi 2,4 cm, sin nudos, que crecen alrededor de un núcleo de madera sin podar de anillos anchos. Aún si la meta es obtener un volumen máximo de madera de aserrar, la mayor parte del rendimiento proviene de los troncos de menor valor.

Craib (1947) además concluyó que cuanto más tiempo se tarda en ralear, tanto mayor es la pérdida del volumen total del crecimiento subsiguiente. Bajo las condiciones del sitio, es probable que la rentabilidad de los rodales raleados intensamente sea mucho mayor que los que se ralean ligeramente. En el caso de *P. caribaea*, recomendó los cronogramas presentados en el Cuadro 7-36.

Hiley (1948) revisó los métodos de Craib, y concluyó que este tipo de raleo temprano anula la opción de seleccionar árboles por su calidad y requiere demasiadas podas; pero en las condiciones de África del Sur, estos no son problemas muy serios. Los raleos prescritos eran tan tempranos que rindieron poca o ninguna madera comercial. Sin embargo, Hiley concluyó que la calidad de la madera no sufre, porque ésta es una función de la edad y no de la tasa de crecimiento.

Se ha defendido la práctica de raleo en África del Sur debido a la falta de mercado para dimensiones pequeñas

Cuadro 7–36.—Cronograma de raleos para *Pinus caribaea* en África del Sur

Edad (años)	No. de árboles residuales por ha	
	Sitio I ^a	Sitio III
0	1,310	740
6	todos	440
8	740	todos
12	490	todos
18	320	todos
20	todos	todos
25	230	todos
30	0	210
35	0	0

Fuente: Craib 1947.

^aLas clases de sitios se definen localmente con base a la altura del los árbol a una edad dada.

(Villiers *et al.* 1961). Defectos de la madera, como una gran contracción longitudinal, textura dispareja, nudosidad, madera comprimida y grano en espiral se presentan siempre en alguna medida, pero ocurren principalmente en el primer núcleo de cinco años de madera juvenil. Espaciamientos de 2,7 m x 2,7 m, en vez de 3,7 m x 3,7 m reducen el diámetro de este núcleo defectuoso a sólo 2,5 cm. Además, el rendimiento más bajo (17%) de los spaciamientos más amplios es compensado por el mayor valor (más del 76%) de la cosecha total a los 40 años.

Una vez que los mercados de madera para pulpa comenzaron a aparecer en África del Sur, cambió el énfasis por los grandes diámetros recomendados por Craib (Johnston 1962). Los rodales de Craib, casi el 65% de los cuales producían madera de aserrar, rendían muy poca madera para pulpa como para abastecer a las fábricas de papel. En los nuevos mercados de pulpa había menos preocupación por el grano en espiral y las nudosidades que por el largo y ángulo de la fibra. El espaciamento se redujo a 2,1 m x 2,1 para aumentar la selectividad del cultivo final, proporcionar una mayor cantidad de madera para pulpa, reducir el ahusamiento del fuste y el diámetro de los nudos, y ayudar a suprimir la cobertura herbácea. Un espaciamento más estrecho no reduce la cantidad de madera juvenil, pero simplemente hace que esta se reparta entre un mayor número de árboles (Johnston 1962).

En 1971, otro cambio del mercado hacia árboles más pequeños redujo aún más el espaciamento y aconsejó raleos más ligeros (Villiers 1971). Una práctica más reciente en África del Sur con *E. grandis* para madera de aserrío y enchapado consistió en plantar árboles con espaciamentos de 2,7 m x 2,7 m, o sea 1370 árboles por hectárea; ralear hasta obtener 750 por hectárea entre los 3 y 5 años, luego hasta 500 por hectárea entre los 7 y 9 años, y por último a 300 por hectárea entre los 11 y 13 años. El plazo de la rotación era de 14 a 30 años (Poynton 1981).

Los estudios de raleos en teca se remontan al año 1900 (Krishnaswamy 1953). La teca no tolera la “fricción” de las copas y es incapaz de mantener un dosel cerrado, a menos que ocurra temprano en su vida (Mirchandani 1941). Normalmente, se desarrolla un sotobosque mixto que no interfiere con el crecimiento de la teca. En buenos sitios en la India, la teca se ha raleado a los 3, 6, 10, 18, 30 y 44 años de edad (Krishnaswamy 1953). Se recomiendan raleos severos. El apéndice J presenta ejemplos de los cronogramas de raleo.

Podas

En los trópicos, la poda de las ramas para mejorar la forma del árbol o la calidad de la madera se ha efectuado más frecuentemente en las plantaciones de coníferas. Otras especies de madera, sea en bosques naturales o plantados, tienden a podarse a sí mismas bajo espaciamentos convencionales, y por lo tanto rara vez requieren un podado artificial.

Para mejorar la calidad de la madera, el podado se debe efectuar antes que los tallos sean tan grandes que ya no sea posible producir madera libre de nudos antes de la madurez. Una buena guía es el diámetro del núcleo nudoso aceptable, generalmente de 10 a 15 cm. Para lograr esta meta se necesita no sólo un podado temprano, sino también un podado progresivo a medida que los árboles crecen en altura y que el diámetro crítico sube a lo largo del fuste. En realidad, el núcleo nudoso puede exceder los 15 cm cuando se poda, debido a la zona de oclusión (cura de la lesión) en el fuste podado (Robinson 1968). Para una poda temprana de *C. lusitanica* en África oriental, se desarrolló un calibrador en forma de “U”, para ubicar el límite superior del núcleo nudoso (Graham 1945).

Para la mayoría de las coníferas del África oriental, el mejor momento para comenzar la poda es entre los 5 y 7 años (Pudden 1955). Con *Cupressus*, se puede comenzar hasta en el segundo año y repetir cada dos años. Los árboles de crecimiento rápido, como *E. saligna*, se deben podar más de una vez al año (Luckhoff 1967). Podados más pesados y menos frecuentes tienden a producir traumas indeseables en la madera de esta especie.

El podado temprano también promueve una oclusión rápida. En África del Sur, el 84% de las lesiones en *P. caribaea* de cuatro años de edad se curan y se cubren totalmente en cinco años, y a los diez años, el 100% (Anón. 1954c). Cuando los árboles se podan a los 15 años, sólo el 30% de la lesiones se curan en cinco años y el 80% después de 11 años.

La época del año en que se poda afecta la rapidez de la oclusión y el rebrote de ramas. En Kenia, una oclusión rápida ocurre cuando el podado se hace justo antes de la estación lluviosa (Anón. 1954i). En Puerto Rico, la ramificación epicórmica de la teca que resulta del podado es más vigorosa en el período de sequía justo antes de que se caigan las hojas (febrero) y es menos vigorosa durante el período de lluvias (agosto) (Briscoe y Nobles 1966). La influencia de la época de poda en la rapidez de oclusión de las lesiones se puede ver en los datos registrados en una plantación de tres años de *C. lusitanica* en Kenia (Anón. 1954i):

Mes de la poda	Meses hasta la oclusión
Febrero	41
Marzo	41
Abril	18
Junio	18
Agosto	25
Octubre	29
Diciembre	40

Debido a que la poda es beneficiosa para los árboles sólo si se permite que estos crezcan un largo período después, los árboles que se han de ralea en poco tiempo no deben ser podados, a menos que sea hasta una altura de 2 m para facilitar el acceso. Podas más altas (y más costosas) deben limitarse a los árboles de cosecha final. Por ejemplo, el podado de *A. cunninghamii* en Queensland, Australia, se ha restringido a 620 árboles por hectárea hasta una altura de 3 m y 400 árboles por hectárea hasta 6,7 m, para un cultivo

final que se espera será de 185 árboles por hectárea (Grenning 1957). Para los pinos en el sur de EE.UU. se ha recomendado una poda de 370 a 490 árboles por hectárea (Wakeley 1954).

La intensidad de poda ha sido muy estudiada. Cuando se hace temprano y a más altura, la perspectiva de reducir el crecimiento del árbol es mayor, pero la proporción de madera libre de nudos también es mayor. Hace tiempo se llegó a la conclusión que podar los pinos del sur de EE.UU. rebajando su altura de 10 m a 5 m, promete un gran incremento de ganancias en plantaciones para la producción de madera de aserrar y enchapar (Wakeley 1954).

Comúnmente, se ha podado *A. cunninghamii* hasta una altura de 7 m en Queensland (Grenning 1957), así como otras especies coníferas en África del Sur (Johnston 1962). Aún a esta altura, gran parte de la madera de los árboles maduros de 30 m de altura todavía tiene nudos.

La intensidad de poda generalmente se mide en términos del porcentaje de la altura total del árbol. Un ensayo con *P. elliotii* en Misiones, Argentina, demostró que si se podaban árboles de 5,5 m de altura hasta la mitad de su altura total no se reducía el crecimiento diamétrico durante los siguientes tres años (Molino 1972); y aún podando hasta los tres cuartos de la altura total, no se produjo una reducción significativa. En Kenia, *C. lusitanica* se ha podado hasta el 60% de su altura total, dejando un verticilo por debajo del nivel del 60% (Pudden 1955). El estándar de la mitad de la altura del árbol también se ha usado con *G. arborea* en Monte Dourado, Brasil (Anón. 1979e). Las experiencias en África del Sur sugieren que la guía allí debe ser el promedio de la altura del árbol mismo y no la altura de los árboles dominantes (Sherry 1961).

Las experiencias con *P. elliotii* y *P. patula* en África del Sur demostraron que la poda de hasta un tercio de la copa viva a los 4,5 años causó sólo una pequeña pérdida en el crecimiento del dap, y que esta disminución duró sólo 15 meses (Sherry 1961). *Eucalyptus saligna* es capaz de sobrevivir después de una poda de hasta el 40% de la copa viva, pero la madera puede sufrir traumas, como resultado. Estudios con *P. elliotii* y *P. taeda* en Queensland indican que si se quieren evitar pérdidas significativas en el crecimiento diamétrico, no se puede obtener un núcleo nudoso de menos de 15 cm de diámetro (Robinson 1968). En Kenia se llegó a la misma conclusión, en especies coníferas, con una poda en altura de menos de la mitad (Pudden 1955).

La poda de *Simarouba amara* en Surinam se limitó por la tendencia de esta especie a desarrollar nuevas ramas justo arriba del verticilo más alto que se había podado (Schulz y Vink 1966).

Fishwick (1977a), en un estudio con *P. elliottii* en el sur de Brasil, fijó como estándar primario, el diámetro máximo con corteza del núcleo ocupado por todos los nudos (o muñones de las ramas). Con base en dos diámetros máximos, 10 y 15 cm, aplicó los tratamientos necesarios para intentar mantener las podas dentro de un límite razonable y evitar el podado excesivo de las copas vivas. Según sus conclusiones, el momento oportuno de poda debe estar dictado por el promedio de la altura máxima de los 500 mejores árboles por hectárea. Para confinar los nudos a un núcleo de 15 cm, la primera poda se debe hacer cuando el árbol alcanza una altura de 9 a 10 m (a los 6 o 7 años), podándose hasta una altura de 5 m, y la segunda poda, que también es la poda final, cuando la altura máxima del árbol es de 12 a 13 m, unos dos años más tarde, y se poda hasta una altura de 7 m. Para un núcleo de 10 cm, se necesitarían cuatro podas: hasta 2 m (altura máxima de 5 a 6 m), 4 m (altura máxima de 7 m), 5,5 m (altura máxima de 9 m) y 7 m (altura máxima de 11 a 12 m).

La reacción de las plantaciones a la poda es compleja. Unas pocas observaciones generales provenientes de África del Sur (Craib 1947):

- La poda de copas vivas retarda el crecimiento en diámetro mucho más que el crecimiento en altura; pero eliminar el 25% de una copa vigorosa no tiene ningún efecto sobre el crecimiento diamétrico ni altitudinal.
- La eliminación del 50% de una copa vigorosa tiene un efecto significativo sólo en el crecimiento diamétrico.
- La eliminación del 75% de una copa vigorosa afecta significativamente el crecimiento tanto en diámetro como en altura.
- La recuperación del crecimiento normal es rápida, aún en el peor caso, una vez llegado el cuarto año de vida.
- La pérdida del volumen a causa del podado nunca se puede recuperar.

Se hicieron observaciones parecidas para *P. elliottii* en el sureste de EE.UU. (Bennett 1955). El crecimiento en diámetro disminuyó muy gradualmente después de eliminar casi el 50% de las copas vivas, pero con intensidades del 50 al 90%, la disminución se aceleró. Sin embargo, el crecimiento en altura fue poco afectado por la pérdida de casi el 80% de la copa viva. La evaluación de la reacción durante dos años en una plantación de *A. cunninghamii* podada a los 4,5 años en Nigeria produjo resultados semejantes (Anón. 1961a). *P. patula* en Malawi, podado a los 7,5 años (Foot 1968b) presentó las reacciones de crecimiento resumidas en el Cuadro 7-37).

Las experiencias en África del Sur han demostrado que una poda selectiva crea una desventaja para los árboles podados, en comparación con sus competidores no podados (Luckhoff 1949). La poda selectiva también afecta el crecimiento de árboles de cuatro años más que a árboles de ocho años. Si todos los árboles fueran podados, aún hasta un 75% de sus copas vivas, el crecimiento en diámetro se recupera en dos años; pero con una poda selectiva, la recuperación puede tomar cinco años o más. El efecto de la poda selectiva sobre el crecimiento en diámetro y la recuperación tardía son menores en los sitios pobres.

El efecto perjudicial de la poda en el crecimiento en diámetro se puede reducir si se ralea justo antes de podar (Sherry 1961). En África del Sur, se recomienda que las plantaciones de *P. elliottii* y *P. patula* se reduzcan entre 860 a 980 fustes por hectárea, antes de la primera poda. Después de la poda, el crecimiento radial del fuste fue mayor justo debajo de la rama más baja y decrecía a medida que aumentaba la distancia de la copa. Una poda severa, por consiguiente, reduce el ahusamiento del fuste. El cronograma del podado propuesto para *P. elliottii* y *P. patula* en África del Sur se resume en el Cuadro 7-38 (Sherry 1961).

Estudios con *P. patula* en África del Sur han demostrado que podar hasta los 7 m no aumenta el tamaño de las ramas por encima del nivel de poda -8 a 12 m por encima del suelo (Villiers et al. 1961). La poda del 30 al 50% de las copas vivas de *E. grandis* en África del Sur no ha tenido ningún efecto sobre el peso específico de la madera, pero sí impidió que los árboles alcanzaran el tamaño de postes a los diez años de edad (Schonau 1974).

Cuadro 7-37.—Reacción a la poda en términos de crecimiento de *Pinus patula* de 7.5 años en Malawi

Años después de la poda	Crecimiento como porcentaje del control			
	Poda hasta 18% de la altura (control)	Poda hasta 42% de la altura	Poda hasta 57% de la altura	Poda hasta 77% de la altura
Crecimiento en área basal				
1	100	81	52	14
2	100	84	60	21
3	100	96	87	49
4	100	112	126	92
Crecimiento en altura				
1	100	88	82	64
2	100	95	95	81
3	100	101	94	81
4	100	107	99	100

Fuente: Foot 1968b.

Aunque la poda de *C. lusitanica* en Kenia deprimió el dap y el crecimiento en altura, parece que el rodal puede mantener una mayor cantidad de árboles severamente podados que árboles con poda ligera (Pudden 1957b).

La práctica del podado es simple. Donde las ramas son persistentes, todos los árboles se podan a la altura de la cabeza para facilitar el acceso, tan pronto como se pueda sin exceder la mitad de la altura total. Después, los árboles seleccionados se podan repetidamente hasta alcanzar el estándar establecido (Pudden 1955). El raleo generalmente se hace al mismo tiempo, pero la poda se restringe a los árboles más prometedores. Normalmente la poda se hace en forma manual con sierras de podar montadas en varas telescópicas. La poda de la altura final es generalmente menos de la mitad de la altura total. El podado claramente debe parar cuando el tronco deja de ser derecho. La limitación práctica de la poda hasta una altura de 5 a 7 m está dictada por el largo de la vara telescópica. Las ramas podadas no se deben colocar debajo del árbol para reducir el riesgo de incendios. El podado se efectúa a ras del fuste para minimizar el tamaño del núcleo nudoso y para acelerar la oclusión. Se necesita un cuidado especial en el caso de ciertos géneros, tales como *Cupressus* y *Tectona*, para minimizar las lesiones que exponen la madera a los insectos y a la podredumbre.

Rebrotes (“Coppice”)

La capacidad de muchas especies de rebrotar vigorosamente en plantación después de una cosecha hasta una edad avanzada puede minimizar el costo de regeneración y ha llevado a varias formas de manejo de rebrotes. No sólo es este tipo de regeneración más barato, sino que los cultivos de rebrotes son capaces de producir rendimientos más altos más temprano. Experimentos con 13 especies de *Eucalyptus* en Guaraní, Brasil, rindieron de 15 a 33 m³/ha/año de un cultivo de plantones a los siete años, mientras que el primer cultivo de rebrotes rindió de 17 a 42 m³/ha/año a los seis años, (Navarro de Andrade 1939).

Cuadro 7-38.—Cronograma de poda para *Pinus elliottii* y *P. patula* en África del Sur

Altura del árbol (m)	Altura de poda (m)	Copa viva eliminada (%)
4.9	1.8	37.5
7.3	3.7	33.3
9.1	5.5	33.3
11.0	7.3	33.3
12.8	9.1	33.3

Fuente: Sherry 1961.

Las ventajas de los rebrotes se ven claramente con el eucalipto de Mysore, una variedad de *Eucalyptus* cuyas características morfológicas se asemejan a las de *E. botryoides*, *E. camaldulensis*, *E. robusta* y *E. tereticornis*, y que se planta extensamente en la India. Debido a que estas especies se cultivan principalmente para pulpa y leña, la productividad se mide en términos de la biomasa. Con una rotación de ocho años, la plantación ensayada rindió un incremento anual promedio de 19,6 t/ha/año de peso verde (Singh 1967), y de 14,5 t/ha/año a los 14 años. Sin embargo, si la plantación se tala a los ocho años y se manejan los retoños durante seis años, el rendimiento final alcanza un promedio de 20,7 t/ha/año, y la rotación de los retoños alcanza un promedio de 22 t/ha/año.

El manejo de rebrotes fue muy productivo en plantaciones de más de 22 000 ha en Belgo Mineira, Brasil, donde se habían efectuado aclareos por franjas de *Eucalyptus* (Osse 1961). La práctica fue hacer una primera tala a los 8 o 9 años, la cual rindió 210 m³/ha (23 a 26 m³/ha/año). La segunda tala se efectuó siete años más tarde, y rindió 250 m³/ha (36 m³/ha/año). La tercera tala, a la edad de 22 años, rindió 200 m³/ha (29 a 33 m³/ha/año). El rendimiento acumulado fue de 30 m³/ha/año.

Un ensayo extenso de más de mil parcelas de crecimiento en los estados brasileños de Paraíba y Sao Paulo produjeron rendimientos superiores con rebrotes para una gran variedad de rotaciones de *E. alba*, *E. grandis*, *E. rostrata*, *E. saligna* y *E. tereticornis* (Cuadro 7-39). Las tablas de rendimiento ilustran el potencial de producción de madera de *Eucalyptus*, tanto en plantaciones establecidas con plantones como con el manejo del primer rebrote. El IMA del volumen culmina más temprano y es más alto en los retoños, que en el primer cultivo. La diferencia inicial se debe principalmente a la cantidad de tallos y no a las diferencias en diámetro. A los cuatro años, los rodales de retoños excedían al área basal en casi un 25%, exceso que casi desapareció después de los ocho años. A los 14 años, el área basal de los rebrotes fue de 10 a 15% menor que la del primer cultivo y el IMA en volumen declinaba en forma mucho más pronunciada debido a un crecimiento más lento en diámetro.

La producción de retoños se aplica a *Senna siamea* y a *T. grandis* en las plantaciones para leña de Ibadán, Nigeria (Collier y Lock 1940). Establecidas en 1924, estas plantaciones se manejaron durante decenas de años mediante tala y rebrote con rotaciones de diez años.

Cuadro 7-39.—Potencial de producción de madera de *Eucalyptus* spp. en Brasil

Edad (años)	No. de árboles por hectárea		Dap medio (cm)		Incremento medio anual (m³/ha/año)	
	Primera cosecha	Primer rebrote	Primera cosecha	Primer rebrote	Primera cosecha	Primer rebrote
Sitio 1 (24–28 m a los 8 años)						
4	1,640	2,170	10.0	9.9	34	36
5	1,340	1,570	12.4	12.4	42	66
8	980	1,340	16.6	13.7	56	65
11	860	1,180	19.1	15.0	56	58
14	790	1,100	20.4	15.9	54	54
Sitio 3 (16–20 m a los 8 años)						
4	1,760	2,580	9.2	8.6	16	28
5	1,430	1,880	11.1	10.8	20	33
8	1,060	1,600	15.0	12.1	26	32
11	920	1,400	16.9	13.4	26	29
14	850	1,310	18.1	13.8	25	26

Fuente: Heinsdijk 1972.

Un ensayo en la India ilustra el vigor de rebrote de *L. leucocephala* (Pathak *et al.* 1981). El incremento anual promedio de la biomasa del tronco y de las ramas por árbol proveniente de plantón a la edad de tres años fue de 1,73 kg, pero esa tasa fue igualada por los árboles de rebrotes en la mitad del tiempo.

La cantidad de cosechas de retoños que se pueden obtener depende de la capacidad de rebrote del tocón. En Ibadán, Nigeria, las plantaciones para leña produjeron en algunas zonas hasta seis cultivos sucesivos de retoños a través de 53 años (King 1966). Pruebas con el eucalipto azul (*E. globulus*) en Madrás, India, mostraron el costo en la reducción del rendimiento producido por rotaciones continuas durante muchos años. Con rotaciones de 15 años, el rendimiento se redujo en 9% a la tercera rotación y en 20% a la cuarta rotación (Krishnaswamy 1957b). En Brasil y África del Sur, la tercera cosecha de *Eucalyptus* es generalmente la última, ya que cada nueva cosecha abarca un menor número de árboles. El mismo diagrama de tres cultivos se propuso para *G. arborea* en Monte Dourado, Brasil (Anón. 1979e).

Una experiencia en Brasil con un cultivo de retoños de ocho años de ocho especies de *Eucalyptus* en Río Claro, indicó que la cantidad de rebrotes había tenido poco efecto sobre el rendimiento (Navarro de Andrade 1939). Dejando un sólo rebrote por cepa, se produjeron árboles con dap entre 21 y 25 cm, y un área basal entre 34 y 70 m²/ha. Cuando se dejaron varios brotes por cepa, se obtuvieron árboles con dap entre 18 y 21 cm y un área basal de 20 a 72 m²/ha.

En Kenia la práctica común con los retoños para leña de *E. saligna* ha sido de ralear hasta que queden dos brotes

por tocón (Dyson 1974). Cuando se dejan tres brotes, se obtiene un rendimiento bruto mayor, pero donde el tamaño de leña es importante, dos brotes son preferibles (Howland 1969). En un ensayo, los tocones se ralearon hasta dejar uno, tres brotes, o se dejaron sin ralear (en promedio 5,5 brotes) y se compararon los crecimientos a los 6^o años (Cuadro 7-40).

Con *E. saligna* en África del Sur, el hecho de dejar dos brotes por tocón puede evitar la disminución en el volumen de producción resultante de una creciente cantidad de generaciones (van Laar 1961). Otro factor que afecta la cantidad de brotes por tocón es la eficacia del cosechado. En Australia el uso de sistemas mecanizados favorece al tocón individual, aún si los rendimientos son inferiores (Carter 1974).

Un tipo especial de rebrote se ha aplicado a *Shorea robusta* en las plantaciones bajo sistema taungya en la India (Huq 1945). El árbol comúnmente arroja varios brotes basales, particularmente cuando está completamente expuesto a la luz lateral. Se encontró que si los rebrotes se cortan a los cinco años, es posible obtener un sólo brote derecho. *Paulownia tormentosa* en Filipinas rebrotó al cortarse el líder de un año de edad, lo que posteriormente da como resultado un tronco muy derecho.

Las experiencias en África del Sur con los retoños de *E. grandis* para cultivos de corta rotación arrojan las siguientes conclusiones (Stubblings y Schonau 1980):

- Para obtener rendimientos altos, la supervivencia inicial debe ser de 95% o más; si es menos, se necesita un replantado inmediato.

Cuadro 7-40.—Efectos del raleo en rebrotes de *Eucalyptus saligna* en Kenia

Índice	Sin ralear	Tres rebrotes por tocón	Un rebrote por tocón
Área basal (m ² /ha)	5.9	5.5	3.6
Volumen por dap ^a (m ³ /ha)			
>5 cm dap.	32.8	34.9	24.6
>10 cm dap.	27.2	31.1	24.1
>15 cm dap.	3.0	2.1	9.6

Fuente: Dyson 1974.

Nota: Edad del rodal = 6.25 años.

^aSin corteza a un diámetro superior mínimo de 5cm.

- Los tocones altos no permiten un buen anclaje de los rebrotes.
- La mortalidad de los tocones es de casi el 5% por rotación, pero aumenta si la tala se efectúa durante la parte más seca del año.
- Los brotes no se deben ralear durante la época de vientos.
- Los brotes se deben ralear en dos etapas; la primera vez cuando la altura dominante es de 3 a 4 m y la segunda cuando la altura dominante es de 7 a 8 m.
- Los brotes que se dejan deben ser dominantes, de buena forma y nacer lo más bajo posible en el tocón.
- Si se elige más de un brote, los diámetros no deben diferir en más de 1 cm. No es posible emparejar brotes con una amplia gama de diámetros.

Un caso especial en el manejo de rebrotes ha sido la producción de puntales (maderos para minas) de *G. arborea* en el este de Nigeria. Casi seis meses después de la cosecha, se quitaron todos menos los mejores tres o cuatro brotes por tocón (Pringle 1950), y seis meses más tarde se dejó uno por cepa. La rotación fue de 10 a 15 años y los cuatro quintos de los brotes que quedaron fueron de la mejor calidad como puntales.

En lo que hoy es Ruanda y Burundi, se ha ensayado un método de rebrotes con estándares (se dejan los árboles superiores después de una cosecha selectiva temprana), usando *E. maideni* y *E. saligna* en sitios demasiado

pobres para cultivar bosques altos (Reynders 1963). Los productos se usaron para postes en la construcción de casas y otros usos, incluso leña. El mejor tratamiento de tala dejó entre 200 y 250 estándares por hectárea, los cuales fueron raleados más tarde para estimular una mayor cantidad de retoños.

Manejo de bambúes

La experiencia con el manejo de plantaciones de bambúes ha resultado en unas pocas conclusiones de aplicación a *D. strictus*, de todas las especies de bambú la más importante y de mayor extensión (Dass 1960). La cosecha puede comenzar entre los 8 y 15 años, después de plantadas las semillas de bambú (Singh, S.P. 1973). Esta especie reacciona bien a los raleos severos (Cuadro 7-41). El ciclo de corta varía de 2 a 4 años (Prasad 1948). Los nuevos tallos no se talan y algunos de los viejos se retienen. La vida de esta especie (entre florecimientos) varía por localidad entre 21 y 38 años. Los tallos son adecuados para la producción de pulpa y producen buen papel hasta cuatro años después de haber florecido.

Experimentos en la India con *Dendrocalamus* entre 1934 y 1947 resultaron en las siguientes conclusiones (Krishnaswamy 1956a):

1. Los ciclos de corta de 2, 3 y 4 años produjeron casi la misma cantidad de cañas. El peor desempeño se dio en el ciclo de dos años, que también fue el más costoso.
2. Con un ciclo de corta de tres años, la calidad de las cañas cosechadas y las nuevas no se vio afectada por la intensidad de la tala, la cual varió entre mantener la misma cantidad de cañas viejas y jóvenes, o hasta ocho veces más cañas viejas que nuevas.
3. Con un ciclo de corta de cinco años, no se reservó ninguna caña vieja; la cantidad de los nuevos brotes fue menor y la calidad inferior a la de las zonas donde se preservaron de una a ocho veces más cañas viejas.

Las ventajas de ciclos de corta más largos se hicieron evidentes en estudios de crecimiento posteriores que se efectuaron en la India (Kaul 1963). La cantidad de nuevas cañas por grupo cuatro años después de la tala fue casi el triple de la cantidad en el segundo año. Para 1967, el ciclo de tala era generalmente de 3 a 4 años, y

Cuadro 7-41.—Recuperación después del raleo de <i>Dendrocalamus strictus</i>		
No. de varas por cepa		
Antes del raleo	Después del raleo	Nuevas varas en 4 años
19	7	20
68	13	45
96	13	64
105	13	45
146	24	96
Fuente: Wilson 1936.		

casi el 66% de las cañas existentes se eliminaban con cada tala (Zakiruddin 1967).

Bambusa vulgaris es otra especie de bambú que se planta comúnmente. La especie presenta dos períodos de crecimiento cada año y las cañas alcanzan su altura total entre 12 y 13 semanas, asumiendo su apariencia normal entre 8 y 9 meses. La primera cosecha parcial se debe hacer a los 6 o 7 años y luego cada 2 o 3 años (Groulez 1966). En el antiguo Zaire, las especies se han plantado a 5 m x 5 m, y producen de 22 a 31 t/ha/año de peso fresco (11 a 16 de peso seco). El rendimiento en celulosa es de 6,6 m x 9,4 t/ha/año, pero bajo condiciones óptimas, la producción puede aumentar hasta en 50% (Maudoux y Abeels 1958).

Bambusa tulda a partir de plántulas madura en 8 a 10 años y permite un ciclo de tala de cuatro años (Prasad 1948). Los tallos de menos de un año de edad no se deben cortar, y se deben dejar al menos seis tallos maduros por cepa. No se deben sacar los tallos con rizomas. Los tocones deben tener menos de 30 cm de altura.

Bambusa arundinaria también se maneja en forma similar (Prasad 1948). Las cañas maduras están listas al quinto año. La tala de selección –el raleo de tallos viejos– es el único método de manejo práctico. La tala de más de la mitad de las cañas perjudica la salud de la cepa y requiere un período de recuperación de varios años. El ciclo de tala es de 3 a 4 años y el ciclo de vida es de 30 a 32 años. La tala debe dejar tocones de no más de 30 cm, evitar la corta de tallos de menos de 18 meses de edad y dejar al menos ocho por cepa, además de los brotes exteriores.

Cosecha

En plantaciones forestales, el crecimiento anual en el volumen de madera utilizable generalmente es pronunciado durante los primeros años y luego se reduce gradualmente, a medida que el dosel se cierra y que los árboles compiten por más espacio, o a medida que el raleo progresivamente reduce el volumen del bosque. El crecimiento volumétrico medio anual - volumen total (más raleos) dividido por la edad- es más lento. La curva del valor de crecimiento medio anual (o la futura rentabilidad financiera) sube más lentamente todavía, pero el mayor valor por unidad de volumen mantiene una curva elevada durante más tiempo.

Las curvas de producción y de rendimiento económico son tan poco significativas que rara vez afectan la decisión de cuándo se deben cosechar la mayoría de las plantaciones. Para las operaciones de celulosa en gran escala, en cambio, sí son significativas, en las que las grandes extensiones involucradas proporcionan un suministro sostenido a una industria muy grande. Aún allí, sin embargo, las fluctuaciones del mercado (o las condiciones sociales temporales) influyen en el momento oportuno y preciso de cosechar, más que el volumen de producción o el retorno por tocón.

Si bien las plantaciones normalmente se cosechan después de culminar el crecimiento volumétrico medio anual, esa cosecha debe efectuarse antes de que culmine el valor de crecimiento medio anual, punto en que la declinación del vigor neutraliza el valor creciente por unidad de volumen debido al tamaño del árbol. Para la producción de pulpa es más posible que el límite sea establecido por factores como el máximo diámetro aceptable para las máquinas de astillar. Para productos más grandes, la capacidad del equipo de aprovechamiento y los costos de extracción son los que determinan el tamaño límite superior.

La tarea de mover el material cosechado hasta un camino accesible durante todo el año forma una parte tan grande de los costos de producción, que se debe explorar la factibilidad de otras prácticas antes de elegir el sitio de plantación. Un equipo mecanizado es casi esencial. Si el terreno y la disposición de la plantación permiten que el equipo sea operado entre hileras, se facilitan enormemente el raleo y la cosecha. De otro modo, se necesitan winches con cables, o con cabrestantes o alguna forma de cordaje suspendido. Estos sistemas operan mejor a distancias relativamente cortas y con grandes volúmenes de alto valor por unidad de superficie.

Rendimientos

Los estándares de rendimiento en volumen, usados generalmente para juzgar el desempeño de las plantaciones en los trópicos, son los registrados con eucaliptos y pinos. Investigaciones extensas en Brasil (Heinsdijk *et al.* 1965) indican que los eucaliptos de primera cosecha en sitios óptimos produjeron, a los ocho años, un IMA en volumen entre 16 y 52 m³ (sin corteza). Un ejemplo se ve en el Cuadro 7-42 basado en plantaciones de Sao Paulo (Simoes *et al.* 1980). Clones de *E. grandis* y *E. urophylla* en Espíritu Santo han tenido rendimientos de hasta 73 m³/ha/año (Rance 1976), y se han registrado rendimientos más altos para clones seleccionados, provenientes de Aracruz, cerca de Victoria, Brasil.

Cuadro 7-42.—Rendimiento en plantaciones de *Eucalyptus* en Sao Paulo, Brasil

Especies	Edad 5 años		Edad 9 años	
	1.5 x 3 m	2 x 3 m	1.5 x 3 m	2 x 3 m
Estéreos/ha/año				
<i>E. grandis</i>	74	69	59	60
<i>E. saligna</i>	68	59	45	42
Toneladas/ha/año				
<i>E. grandis</i>	21	22	17	17
<i>E. saligna</i>	20	19	13	13

Fuente: Simoes *et al.* 1980.

Los rendimientos de diez especies de *Eucalyptus* en Brasil registraron los siguientes promedios: rotación de plántulas, a los siete años = 18,3 m³/ha/año; primer rebrote, entre 7 y 14 años = 17,0 m³/ha/año; segundo rebrote, entre 14 y 21 años = 14,7 m³/ha/año (Ayling y Martins 1981).

Gmelina arborea en Jari, en la Cuenca del Amazonas alcanzó un IMA máximo de 38 m³/ha de madera para pulpa a los seis años; para *E. deglupta*, el rendimiento comparable a la misma edad es de 42 m³/ha. Para *P. caribaea* a los 12 años, ese rendimiento es de 25 m³/ha (Woessner 1980a).

Se han compilado datos sobre los rendimientos de plantaciones de varias especies comunes a través de los

trópicos (Lugo *et al.* 1988). Datos de interés general provenientes de este estudio, organizados por zonas de vida (Holdridge 1947), aparecen en el Cuadro 7-43.

Regeneración

Las plantaciones rara vez se regeneran naturalmente, a excepción de los rebrotes, aunque las plántulas de muchos géneros, como *Gmelina* y *Swietenia*, pueden ser abundantes bajo viejas plantaciones después del raleo. Estos nuevos árboles pueden beneficiarse con la selección natural del cultivo previo, pero tarde o temprano son sobrepasados por la progenie seleccionada y manejada. *Gmelina* y *Swietenia* se han injertado con éxito. El alto costo de las plantaciones exige el uso de existencias de calidad superior.

Cuadro 7-43.—Rendimientos típicos de las especies tropicales en plantación, según las zonas de vida de Holdridge

Temperatura promedio y precipitación anual	Especies	No. de plantaciones	Rendimiento a los 10 años (m ³ /ha/año)	
			Máximo	Promedio
>24° C, 2–4 m	<i>P. caribaea</i>	47	31	22
>24° C, 1–2 m	<i>P. caribaea</i>	89	25	13
18–24° C, 2–4 m	<i>P. caribaea</i>	194	40	25
18–24° C, 1–2 m	<i>P. caribaea</i>	112	38	20
	<i>P. patula</i>	79	40	21
	<i>Eucalyptus grandis</i>	18	21	15
	<i>Cupressus lusitanica</i>	24	21	10
12–18° C, 1–2 m	<i>P. patula</i>	100	33	20
	<i>C. lusitanica</i>	88	24	13

Fuente: Holdridge 1947, Lugo *et al.* 1988.

Las plantaciones se deben regenerar al menos parcialmente con los mejores árboles de las plantaciones existentes. Estos son de adaptabilidad comprobada y, si provienen de fuentes de semillas seleccionadas, garantizan genotipos y fenotipos superiores. La superioridad se encuentra en la tasa de crecimiento, forma, resistencia a enfermedades e insectos y calidad de la madera. La expectativa es que se produzcan mejoras del 50% o más.

La calidad genética puede ser mejorada de varias formas, según lo ilustra el programa de Cuba con *P. caribaea caribaea* (Betancourt-Barroso 1972), iniciado en 1965. En este programa hay estudios de procedencias, selección en masa, selección de árboles superiores, estudios de progenie, reproducción vegetativa de genotipos superiores y huertos clonales de semillas. En el momento en que salió el informe, se habían comparado 11 procedencias, se había seleccionado en masa una zona de 1100 ha de fuentes de semillas y se habían identificado 118 fenotipos superiores. La División Forestal de Trinidad ha estado trabajando en algo similar con *P. caribaea hondurensis* desde 1959 (Lackhan 1976). La propagación vegetativa para huertos semilleros se ha efectuado principalmente mediante injertos.

La selección en masa de plántulas de vivero de *P. elliottii* en Brasil resultó en un crecimiento inicial más rápido en los bosques (Shimizu *et al.* 1977). Se seleccionaron en vivero plántulas de nueve meses a razón de 1:3500. La superioridad en altura aumentó un 45% en el segundo año. Esta ventaja sería importante para reducir el período de desmalezado.

Insectos y enfermedades

En este trabajo no se intenta describir las plagas y las enfermedades de las plantaciones ni prescribir tratamientos. Sin embargo, son importantes. Localmente, los patólogos y entomólogos en las estaciones de investigación agrícola están a la disposición de los forestales en los trópicos. Es posible también que varias publicaciones enlistadas en el apéndice K sean útiles.

En resumen, es evidente que el manejo de la plantación es una obligación necesaria después de efectuar la inversión inicial para su establecimiento. También es aparente que entre las prácticas a elegir existen muchas opciones e intensidades. A pesar de las grandes experiencias obtenidas en condiciones distintas, los silvicultores deben poner a prueba los nuevos proyectos antes de aplicar prácticas que han tenido éxito en otros sitios.

Capítulo 8

El Sistema Agroforestal

La información presentada hasta ahora sobre el cultivo y el manejo forestal trata casi por entero de los árboles, bajo el supuesto de que la producción de árboles es el objetivo principal del manejo de los terrenos. Este énfasis es atrayente por su simplicidad. Resultados concretos y rendimientos altos de madera son posibles porque este tipo de manejo aprovecha los sitios forestados disponibles y apropiados de una región. Sólo mediante una producción concentrada es posible que la mayoría de los países tropicales satisfagan sus necesidades de productos madereros sin tener que incurrir en el creciente costo de las importaciones.

Aún cuando los argumentos a favor de una producción enfocada de esta manera parezcan convincentes y obvios, ningún país dedica suficientes terrenos en forma exclusiva a los bosques para satisfacer sus demandas. Además, el tiempo de espera necesario para que el manejo produzca rendimientos madereros puede causar serias deficiencias a nivel local en el suministro de madera en la mayoría de los países tropicales.

Son muchas las razones de esta anomalía. La profunda divergencia entre los puntos de vista de los que proponen una producción forestal intensificada y los que viven en o cerca de los terrenos involucrados es una de las más importantes. La implementación de un manejo forestal a largo plazo afecta al terreno en maneras que quizás sean nuevas, inexplicables y limitantes para la comunidad rural afectada. Al modo de ver de los pueblos tropicales, el hecho de que quizás el manejo forestal proporcione oportunidades de empleo, no necesariamente compensa las restricciones que los reglamentos forestales imponen.

Estos y otros factores resultan en la limitación de las inversiones forestales del estado en proyectos de bienestar social y económico. También se frustran las inversiones privadas en plantaciones, porque no son populares ni reciben el apoyo del público. El aspecto esencial es que, desde el punto de vista del pueblo, los beneficios son para otra gente, en otras partes y en el futuro; es decir, no hay beneficios inmediatos para el "público" actual. Ese sentimiento de lejanía es más agudo entre las poblaciones rurales, lejos de los centros donde se toman decisiones que afectan el bienestar de la región.

Por consiguiente, la integración de las técnicas forestales y agrícolas en un sólo sistema en las regiones tropicales es considerada como una oportunidad perdida para

acercar el manejo forestal a la gente. En su sentido más amplio, ese concepto incluye la plantación de árboles aguas arriba para proteger los terrenos agrícolas aguas abajo, y los árboles en fincas, que protegen a los cultivos de alimentos o forraje. También incluye la práctica de intercalar cultivos y árboles para el control de malezas en plantaciones forestales.

La combinación de bosques y cultivos puede no ser una asociación entre entes iguales. Por lo general, los cultivos que coexisten son desiguales en cuanto a rendimientos económicos, siendo los árboles los que producen el menor rendimiento. Por lo tanto, la introducción de árboles en las mezclas de cultivos no debe causar pérdidas en el rendimiento de los otros cultivos más apreciados. La tarea de integrar forestería y agricultura involucra no sólo a la tecnología forestal sino también a la agronomía, el conocimiento de tradiciones sociales rurales y destreza en las relaciones humanas, disciplinas que todavía se ignoran en los currículos forestales.

Este capítulo está dedicado principalmente a lo que se sabe en los trópicos sobre agricultura, y que podría ser de utilidad en el campo forestal. Se revisa la práctica de la agricultura migratoria, tan común en y alrededor de las zonas forestales tropicales. También se describe cómo es posible adaptarla para establecer una plantación de árboles con base en el sistema taungya. Por último, se analizan experiencias de prácticas agroforestales.

Agricultura migratoria

La agricultura migratoria (rotación de árboles y cultivos agrícolas) -posiblemente el más antiguo de los sistemas agrícolas- es una fuente de subsistencia para más de un cuarto de un billón de gentes en los trópicos. La aplicación varía de lugar en lugar, pero varias prácticas son casi universales (Blaut 1960). Entre ellas se encuentran la rotación de campos, la limpieza de terrenos mediante la quema, la exclusión de bestias de tiro y de abono, el uso exclusivo de trabajo manual, la siembra a mano y cortos períodos de cultivo alternados con largos períodos de barbecho. El sistema se desarrolló en condiciones de baja densidad de población, orientada hacia la subsistencia, con una alta concurrencia de bosques y producción simultánea de varios cultivos con distintos plazos de cosecha. La fertilidad se restaura mediante un largo período de barbecho, y durante la primera estación del producción hace falta poco o ningún desyerbado.

Costumbres y precedentes. En lo que hoy es Zambia, la agricultura migratoria ha estado íntimamente relacionada con las vidas y costumbres de los pueblos indígenas. Por ejemplo, los árboles se cortan y queman sólo en ciertos días (Endean 1960), y después de cuatro a seis años de cultivo el terreno permanece en barbecho durante 20 o 30 años. Con un manejo como este, se necesitan terrenos de 50 a 80 ha para el sustento de una sola familia. Los pueblos rurales de Filipinas también están apegados sentimental y psicológicamente al bosque (Maturan 1976). Sus actitudes, motivaciones y aspiraciones están profundamente arraigadas en el uso de bosques vírgenes, bosques secundarios y áreas taladas para agricultura migratoria.

Sólo han pasado unos pocos milenios desde que los primeros pobladores llegaron como cazadores y pescadores a la Amazonia (Sioli 1973). Al principio recogían plantas comestibles silvestres, y luego adaptaron prácticas agrícolas, plantando sólo lo necesario para satisfacer las necesidades del hogar. Mientras fueron pocos no influyeron significativamente en la estructura y dinámica de los bosques. Luego, los colonizadores europeos descubrieron que los cultivos eran prácticos solo durante dos años consecutivos, y si se volvía a plantar después de diez años de barbecho, sólo era posible una cosecha más. Los suelos de tierra firme carecían de los coloides necesarios para fijar minerales, por lo que ni siquiera se beneficiaban con minerales agregados (Sioli 1973), y sólo donde las inundaciones anuales reabastecían de minerales era posible continuar cultivando.

Los bosques primarios suelen ser las zonas más fértiles para la agricultura migratoria, pero los bosques secundarios han demostrado ser más fáciles de limpiar y más productivos por unidad de trabajo. Los bosques óptimos, entonces, se ubican en alguna etapa de la sucesión secundaria. Para compensar la base reducida de nutrimentos en bosques secundarios, el campesino simplemente se apoderaba de más terreno.

Los bosques en barbecho difieren en buena medida de los bosques originales, pero parecen restaurar los sitios adecuadamente (Blaut 1960). Los bosques no necesitan retornar a su condición primaria. Aún un sesgo permanente hacia una menor cantidad de especies, hacia especies más resistentes al fuego o hacia menos estratos no debería afectar significativamente el rendimiento de los cultivos después de quemas sucesivas. La estructura del suelo o el suministro de

nutrimentos tampoco es mucho menor bajo un bosque secundario que bajo un bosque primario. Hasta cierto punto, los rendimientos totales se pueden aumentar acortando el período de barbecho.

Los cambios ambientales pueden reducir o eliminar los cultivos migratorios. Por ejemplo, el aumento de la densidad de la población, el acceso al comercio externo o la introducción de tecnologías más intensivas tienden a acortar el período de barbecho, y por lo tanto reducir el bosque proporcionalmente. A medida que el período de barbecho se acorta, se necesita más mano de obra para el cultivo y desmalezado, y los rendimientos declinan. Además, se da una tendencia hacia la producción de un menor número de cultivos, más resistentes y más comerciales, y a fijar las fronteras de las propiedades. Todos estos factores influyen en el acortamiento del barbecho.

A medida que el proceso se deteriora, se necesitan nuevos cultivos y cambios drásticos en las técnicas. Los nuevos cultivos no deben competir por la mano de obra con las otras actividades. Además, los suelos se desgastan bajo un uso más intensivo, que resulta cuando la explotación comercial del cultivo se convierte en el objetivo más importante.

Los problemas que surgen de la escasez progresiva de terrenos no se resuelven con sólo intensificar el cultivo (Blaut 1960); quizás se necesite controlar la erosión y la aplicación de fertilizantes. Los cultivos forestales pueden proporcionar un ingreso más permanente, pero menor por unidad de superficie, que los cultivos agrícolas. El hecho de convertir la zona de cultivos migratorios en un bosque puramente comercial o en terrenos de pastoreo no es una solución, a menos que se encuentren otros modos de dar sustento a la gente que han emigrado debido a la falta de empleo.

Tratando de resolver los problemas de la agricultura migratoria, Blaut (1960) señala ciertas falacias que han provocado malentendidos y fracasos. Entre ellas:

- La agricultura migratoria es el único sistema adecuado para los trópicos.
- La agricultura migratoria es incapaz de mantener un equilibrio.
- Los pueblos eventualmente deberán cambiar de lugar debido al empobrecimiento del terreno, una consecuencia inherente a la agricultura migratoria.

Prácticas tradicionales. Los sistemas de cultivo migratorio de los indígenas de la Cuenca del Orinoco en Venezuela se convirtieron en sistemas de cultivos múltiples y complejos de mandioca, camote, calabaza, algodón y tabaco (Harris 1971). Este tipo de mezcla utiliza iluminación lateral y vertical. Los Waikas cultivaron estas mezclas en períodos de 5 o 6 años hasta que cada vez fue más difícil conseguir nuevas tierras; entonces, la transición gradual al barbecho permitió continuar cosechando. Sus monocultivos, por contrario, sólo se podían cultivar de 2 a 4 años y luego eran abandonados abruptamente, debido más a la pérdida de fertilidad que al crecimiento de malezas. El barbecho comenzó con arbustos y árboles como *Aegiphila*, *Cecropia*, *Clidemia*, *Miconia*, *Palicourea*, *Psychotria* y *Trema*.

Los policultivos de la región del Amazonas consistían de campos de 2 a 3 ha, donde se entremezclaban 12 especies de plantas comestibles (Smith 1978). Este enfoque resultó en un estrato inferior, otro mediano y otro superior. Este último generalmente compuesto de árboles pequeños, como *Bixa*. Los campos individuales se ubicaban a 2-3 km de distancia entre uno y otro, lo que reducía el peligro de pestes. El cultivo simultáneo por 2 a 5 años permitía que los cultivos maduraran en secuencia.

En Papúa - Nueva Guinea, la reutilización de desechos orgánicos constituye una práctica importante de la agricultura migratoria (Kingston (1960). Esta práctica permite que en las tierras altas se necesiten huertas de sólo 0,04 a 0,09 ha por cápita. La materia orgánica se deposita en hoyos donde se descompone. *Causarina equisetifolia*, una especie fijadora de nitrógeno, se planta uno o dos años antes de suspender el cultivo agrícola, ya que esta especie es más fácil de talar que las especies nativas y proporciona madera y leña. Las ramas se pueden usar como estacas para el control de la erosión y las hojas se compostan (fertilizante orgánico) o se queman.

Los bosques nativos se convirtieron en cultivos permanentes de café hace más de un siglo en Mysore, India, en laderas empinadas cuya precipitación es de hasta 380 cm/año (Mayne 1947). La base del sistema fue la introducción de un cultivo económico, el café, en la asociación de plantas existentes en el bosque perenne. La regeneración natural se taló y se dejó podrir, generalmente sin quemar. El café se plantó a espaciamientos de menos de 1,8 m x 1,8 m, para producir una cobertura rápida como la del sotobosque

anterior. La densidad del dosel se mantuvo bien por debajo de lo óptimo para alcanzar una cosecha máxima, pero asegurando una cobertura suficiente para proteger el suelo del impacto de las lluvias severas. El manejo de la sombra resultó ser una de las tareas más exigentes.

Con el afán de extender el cultivo del café al sur de la India y en lo que hoy es Sri Lanka, después de 1860, esta técnica exitosa generalmente no fue tomada en cuenta. Los bosques se talaron y quemaron y el café se plantó a campo abierto. Todo lo que queda de esta práctica son bosques pobres secundarios y matorrales de *Lantana*. En otros sitios se efectuaba un aclareo parcial y una quema ligera, y se plantaban especies leguminosas y no leguminosas para sombra. El uso de géneros como *Erythrina* y *Grevillea* se apartaba mucho de la composición del bosque nativo; sin embargo esta empresa tuvo éxito, lo que sugiere que otras especies también pueden servir como cultivo permanente.

En el antiguo Zaire, la agricultura migratoria se desarrolló hasta un grado de gran complejidad, extendiendo el período del cultivo de los buenos suelos hasta un total de nueve años (Cuadro 8-1). La diferencia en el largo del ciclo de cultivo refleja la calidad del suelo.

Un estudio de los sistemas de cultivo de los Bantu, en el antiguo Zaire arrojó conclusiones interesantes (Coene 1956). En las zonas de bosque alto, con sólo una quema el sitio ya estaba preparado para sembrar; no era necesario sacar tocones y raíces para cultivar banano, mandioca y camote. En los bordes del bosque se plantaba principalmente maíz, sorgo y millo, que requieren un cultivo más intenso. Los terrenos se cultivaron hasta que las quemaduras repetidas los convirtieron en sabanas.

El crecimiento de comunidades urbanas en las zonas tropicales y la consiguiente introducción de cultivos económicos como algodón, arroz y maní, obligaron a los campesinos a alargar el período del cultivo o acortar el período de descanso de los campos. La restauración inadecuada durante el barbecho progresivamente causó el deterioro del suelo. La búsqueda de más suelos frescos, a menudo significó un estilo de vida nómada, un ingreso cada vez menor y la búsqueda de trabajo en las aldeas.

Varias características de la agricultura migratoria inhiben su práctica. El cultivo múltiple es una de ellas; la

Cuadro 8-1.—Regímenes de agricultura migratoria en el antiguo Zaire			
Secuencia (año)	Ubicación		
	Bambesa	Gandajika	Yangambi
1	Deforestación, maíz, arroz	Deforestación	Deforestación, maíz
2	Algodón	Algodón	Maíz, arroz, mandioca, bananos
3	Mandioca, bananos	Maíz, cultivos de tubérculos	Bananos, mandioca
4	Barbecho	Maíz, maní, cultivos de tubérculos	Bananos, mandioca
6	Barbecho	Maíz, mandioca	Bananos, mandioca
7	Barbecho	Mandioca	Leguminosas
8	Barbecho	Mandioca	Leguminosas
9	Barbecho	Mandioca	Barbecho de 12 años
10	Barbecho	Barbecho	Barbecho de 6 años
Fuente: Henry 1952.			

plantación mixta no permite obtener altos rendimientos con los cultivos más beneficiosos, pero por otra parte, la eliminación del crecimiento natural durante el período de barbecho para establecer monocultivos es difícil de mecanizar. El arado de surcos profundos y el barbecho de leguminosas han producido resultados desastrosos. El uso de abono orgánico favorece la productividad, pero no están al alcance del campesino medio. La mosca tsetse que prevalece en el África occidental significa también una reducción en el uso de estiércol como abono o de bestias de tiro.

Los sistemas de cultivo migratorio que dependen del barbecho e incluyen cultivos forestales pueden sobrevivir donde los cultivos agrícolas permanentes no pueden, pero rinden tan poco por unidad de superficie que son de poca ayuda para sostener servicios comunitarios como carreteras y escuelas (Holdridge 1959).

La extensión y configuración del terreno aclarado para cultivos dentro del bosque es de gran importancia. El eje largo debe estar orientado de este a oeste para obtener la máxima iluminación; el ancho óptimo es de 100 m. Bajo estas condiciones, la pérdida de rendimiento a lo largo de los bordes puede ser del 10% en los bosques densos, pero de sólo 3% en bosques secundarios (Coene 1956).

Por lo general, se pueden obtener dos cosechas de corto ciclo en el mismo año. Los cultivos anuales limpios, como maíz, maní, soya y algodón son muy sensibles a los competidores; por consiguiente, antes de plantar el

suelo se debe exponer al sol y a la lluvia. Cuando se plantan inmediatamente después de eliminar el bosque, estos cultivos por lo general no rinden bien. La corta del barbecho un año antes de cultivar los cultivos anuales, aumenta mucho el rendimiento. Una limpieza completa, sin embargo, elimina los tocones de los árboles como fuente de retoños para el barbecho que sigue. Los cultivos perennes, tales como bananos y yuca, generalmente no requieren este tratamiento; además, protegen mejor el suelo mejor y tienen poco efecto sobre la fertilidad residual.

Los cultivos perennes se adaptan bien a las zonas recientemente aclaradas y son un precursor excelente para los cultivos anuales, ya que aumentan el pH del suelo y favorecen la descomposición y mineralización de los residuos orgánicos. El gandul (*Cajanus indicus*) ha resultado ser un buen cultivo, cuya siembra suele ser oportuna antes de abandonar un terreno (Page 1948). Además, sus tallos son lo suficientemente grandes para ser usados como combustible.

En Filipinas, la agricultura migratoria (conocida como “swidden”) puede producir el doble del promedio nacional de rendimiento del arroz (Conklin 1957). El sistema usa 2 ha de terrenos cultivables por persona en un ciclo de 12 años. La intensidad del manejo varía; en ciertos casos, la vegetación se limpia todos los años; en otros, se establecen cultivos arbóreos abundantes con poco o ningún desmonte del bosque clímax. Durante el primer año, que es el más activo, un *swidden* promedio puede tener 40 distintos cultivos básicos y de 85 a 150 tipos de productos al mismo tiempo (Conklin 1957). En

el segundo año, se cambia a cultivos arbóreos, incluso bananos, frutales y bambú. Cuando todos los cultivos agrícolas se agotan, el barbecho ya puede estar bien avanzado. El período de barbecho corresponde a dos tercios o tres cuartos del ciclo total.

El sistema *swidden* abarca grandes extensiones de terreno y usa la mano de obra intensivamente (Harris 1972), ya que implica de 500 a 1000 horas de trabajo por familia por año. Sin embargo, no requiere por lo general que grandes grupos de gente participen simultáneamente. Aunque el sistema es ineficaz en términos de extensión de terreno cultivado, el rendimiento por unidad de trabajo puede igualar o aún sobrepasar a otros tipos de cultivos permanentes. El barbecho, y no la productividad, es lo que limita la capacidad del sistema *swidden* de dar sustento a gran cantidad de gente. El número de personas que viven en las zonas dedicadas al *swidden* rara vez son más de 60 por kilómetro cuadrado, y generalmente son menos de 40.

La agricultura migratoria en Venezuela ha sido practicada en las tierras bajas húmedas (Watters 1968c). Más arriba de los 1600 m de altura, la descomposición es más lenta y la agricultura tiende a ser más continua. La agricultura migratoria no es el sistema más productivo en suelos pobres, pero es la mejor práctica disponible para la gente sin implementos ni fertilizantes. Los primeros dos cultivos pueden ser iguales a los de terrenos mejores sin fertilización, pero con fertilizante podrían rendir mucho más.

Debido a que los campesinos migratorios se mudan a otros sitios cuando los rendimientos se reducen al 50%, esta práctica es la causa principal de deforestación (Watters 1968c). Aunque las zonas de bosque primario permiten que el ciclo sea más corto, los cultivadores normalmente eligen bosques secundarios si están más accesibles. En términos de rendimiento por unidad de trabajo, el sistema es muy rentable, pues requiere de 32 a 86 d/ha.

En la parte central del Brasil, una aldea de 145 habitantes ha permanecido estable durante 90 años cultivando una superficie bruta de 5500 ha; casi 40 ha per cápita (Watters 1974), pero menos de 3 ha per cápita en uso en cualquier momento. La mitad de la producción se vende. Sólo emplean 3° horas por día para la subsistencia, y de estas sólo 2 se dedican a la agricultura. Este sistema se ha desarrollado a partir de

un enfoque que hace buen uso del amplio recurso disponible (tierra), economizando el recurso más escaso (capital).

La agricultura migratoria en lo que hoy es Sri Lanka depende mucho de la quema para obtener nutrimentos, y por lo tanto no provoca una gran fuga de nutrimentos del suelo durante los períodos cortos de cultivo (Joachim y Kandiah 1948). La composición intrínseca del suelo se restaura entre los 5 y 10 años.

En el Sudán donde el clima es muy seco, se usa una variante inusitada de la agricultura migratoria (Jackson y Shawki 1950). Se limpia la vegetación nativa en las dunas y se cultiva sorgo entre 4 y 10 años, plazo en que el suelo se agota. Luego se renueva la vegetación natural con *Acacia senegal* y *A. seyal*; después de ocho años, los árboles están listos para ser resinados para goma arábiga. El resinado continúa entre 6 y 10 años, plazo en que los árboles se agotan y mueren. La zona entonces se quema y se vuelve a cultivar.

Los cultivadores migratorios generalmente tienen una preocupación particular en la subsistencia. Por consiguiente, sus parcelas cultivadas normalmente consisten de una mezcla compleja de plantas. Esta mezcla aparentemente se produce para satisfacer los diversos requisitos de la mesa familiar y para garantizar una relativa seguridad que proviene de un cultivo diverso. Sin embargo, como es de esperar, las mezclas producen menores rendimientos por unidad de superficie y por cultivo de lo que producirían los cultivos puros (Cuadro 8-2).

La diversidad de la vegetación natural en los trópicos, producto de una larga evolución y sucesión, sugiere que las mezclas de cultivos se basan en otras razones, por lo que muchas investigaciones se han emprendido sobre ese tema. Algunos piensan que las interacciones

Cuadro 8-2.—Rendimientos comparativos de los cultivos migratorios en el antiguo Zaire (t/ha)		
Cultivo	Rendimiento mixto	Rendimiento puro
Arroz	1.5	2.5
Mandioca	15.0	25.0
Banano	4.0	15.0
Fuente: Henry 1952.		

interespecíficas no sólo protegen a los cultivos mixtos contra las plagas y enfermedades más que un cultivo puro, sino que además pueden hacer que las mezclas sean tan (o aún más) productivas que los cultivos puros. Sin embargo, los estudios demuestran que la mayoría de los rendimientos de los cultivos mixtos son de carácter medio, en comparación con los de cada componente como monocultivo (Trenbath 1974). Los rendimientos totales tienden a ser casi iguales. Los rendimientos transgresivos (los que exceden los límites de cualquier componente único) son pocos y rara vez significativos o repetidos. Tales rendimientos ocurren sólo en mezclas de componentes similares y por consiguiente, no se espera que presenten grandes diferencias en las mezclas de cultivos de subsistencia.

Los sistemas de cultivos mixtos han dominado el norte de Nigeria (Baker 1975) y se justifican por su rendimiento confiable por unidad de superficie o por las horas de trabajo durante junio y julio, que son mayores que para los cultivos puros. Para obtener ganancias con cultivos mixtos superiores a las de los cultivos puros, los componentes deben tener ciclos de crecimiento complementarios. La competencia entre cultivos debe ser menor que la competencia intra cultivos. La disposición y cantidad relativa de las distintas plantas en las mezclas influyen en el grado de competencia. Los factores capaces de producir ganancias con cosechas mixtas son las diferencias en la cantidad de iluminación interceptada (debido a las diferentes alturas y estructuras del dosel) y las diferencias en la utilización del agua. Estos mismos factores cambian a través del tiempo debido a los distintos períodos de crecimiento de los componentes en las mezclas.

Harper (1977) exploró el significado teórico de las mezclas (Fig. 8-1). En el caso "A", las especies 'x' y 'y' compiten con un efecto más o menos igual una con la otra; por lo tanto, los rendimientos son directamente proporcionales a su representación relativa. En el caso "B", la especie 'x' es más agresiva que la especie 'y'; por lo tanto, la mezcla de las dos tiende a ser mayor que los rendimientos proporcionales de 'x' a expensas de 'y'. En el caso "C" ocurre lo opuesto: el rendimiento de 'y' es mayor que su representación proporcional en el cultivo. Cuando, como en el caso "D", cada cultivo es recesivo en cuanto a su nivel de competencia intraespecífica, el rendimiento de las mezclas es menor para cada componente de lo que su representación proporcional indicaría, y el rendimiento total es menor que el que cada especie podría producir por sí sola. En el caso "E",

ambas son más agresivas, la una contra la otra, de lo que son intraespecíficamente. Por consiguiente, cada una permite un mayor rendimiento de la otra especie de lo que su representación proporcional sugeriría y su rendimiento total en la mezcla es mayor que la suma de sus rendimientos respectivos por sí solas. Solamente, en esta última instancia se puede esperar un rendimiento transgresivo.

Sin embargo, contrario a lo que se cree, por lo general no es cierto que la capacidad de rendimiento se correlaciona directamente con la agresividad; que el rendimiento de las mezclas siempre sobrepasa el de plantaciones puras; que las mezclas como promedio igualan el rendimiento de la plantación pura; que la capacidad competitiva es acumulativa; que la competencia es siempre más intensa entre los miembros de la misma especie (Harper 1977). Cada una de estas aseveraciones puede ser verdad en casos específicos, pero también puede ser completamente falsa.

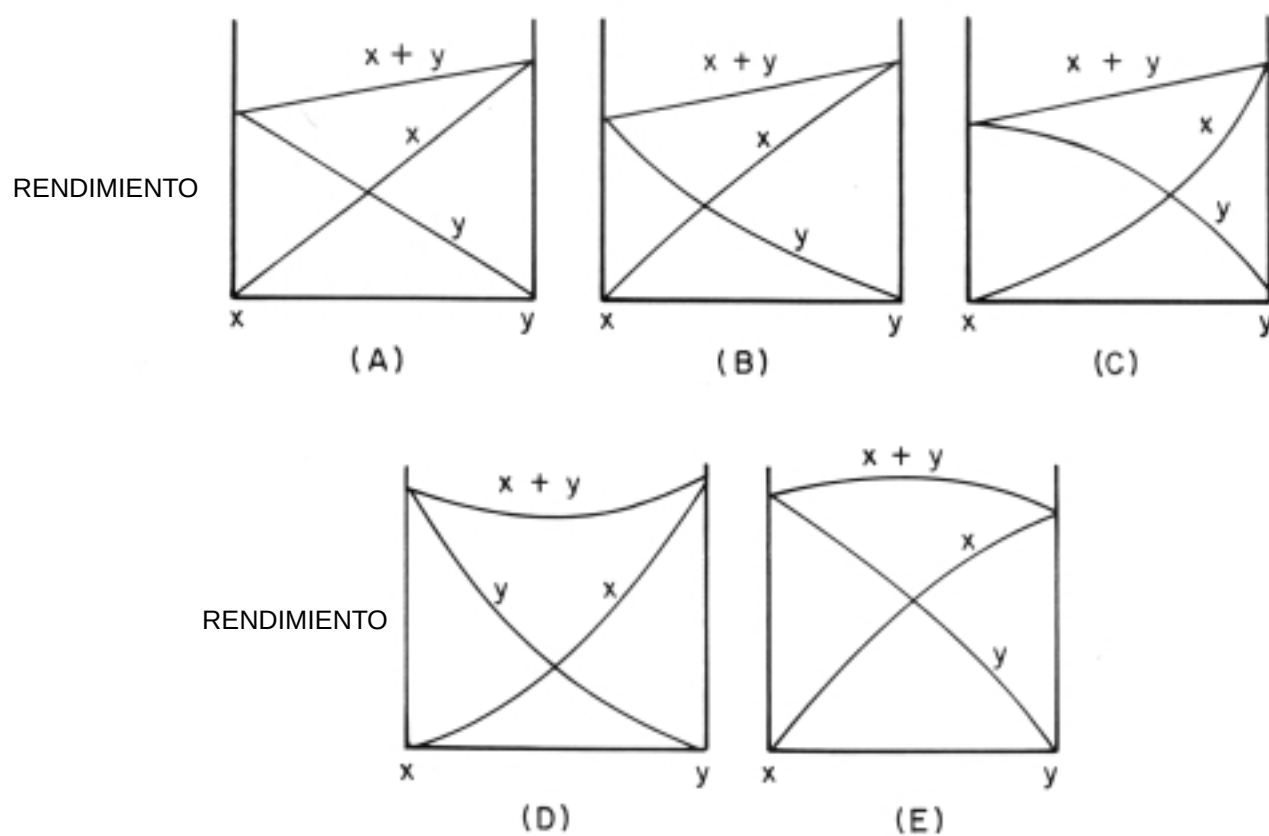
Un estudio de 572 cultivos mixtos demostró que dos tercios produjeron rendimientos totales próximos a la suma de sus rendimientos individuales (Trenbath 1974); otro 20% excedió esta suma hasta en un 70%, mientras que un 14% de los cultivos mixtos presentaron un rendimiento menor que los cultivos puros.

Nueve sistemas de cultivos mixtos produjeron un mayor rendimiento que el monocultivo de camote en Jamaica (Schroder y Warnken 1981); además, se necesitó más trabajo y capital, incluso fertilizante, pero aumentó el ingreso total en un 50%, sobrepasando en tres o cuatro veces el ingreso típico agrícola en la zona. Aparentemente, el uso de fertilizantes fue una buena ayuda, pero la mayor parte del beneficio se debió al uso de cultivos múltiples.

Se han descrito las siguientes ventajas y desventajas de los cultivos múltiples (Gleissman 1981b):

Ventajas

- Mejor uso del tiempo y del espacio vertical, absorben la energía solar y los nutrientes y permiten el traslape de cultivos.
- Extraen nutrientes de mayores profundidades del suelo.
- Menor vulnerabilidad a los extremos climáticos y al viento.



Mezcla	Cultivo mixto x & y	
	cultivo x	cultivo y
(A)	igual	igual
(B)	agresivo	recesivo
(C)	recesivo	agresivo
(D)	recesivo	recesivo
(E)	agresivo	agresivo

Fig. 8-1. — Efecto de los cultivos mixtos en los rendimientos futuros (Harper 1977)

- Menor vulnerabilidad a las pestes y enfermedades.
- Mayor flexibilidad para la distribución de la mano de obra durante el año.

Desventajas

- Inhiben la competencia en los cultivos de corto plazo.
- Limitaciones por especies incompatibles.
- Daños causados por las cosechas parciales.
- Inconsistencias en los plazos de barbecho.
- Rendimiento limitado de cada cultivo.
- Inapropiados para la mecanización y para obtener productos uniformes comerciales.
- Mayor complejidad, lo que dificulta su manejo agronómico y biológico.
- Incompatibles con los sistemas sociales, económicos y políticos prevalecientes.

Aunque mediante la agricultura migratoria se ha usado la mano de obra y los recursos en los trópicos ingeniosamente para el sostén de las culturas primitivas, su capacidad limitada de sostener poblaciones mayores ha resultado en la destrucción de bosques extensos. En 1952, la agricultura migratoria en África occidental presentaba un panorama trágico. En el Sudán, fracasaron todos los intentos por evitar extensos incendios anualmente. La falta de leña minaba los bosques y los cultivos migratorios con plazos de barbecho cada vez más cortos estaban destruyendo la composición del suelo (Faure 1952). En Nigeria, los plazos del barbecho se habían acortado tanto que el terreno ya no se reponía entre los períodos del cultivo y la región entera se quemaba todos los años (Jorvanceau 1952). En Chad, la “disciplina” que anteriormente imponía para el uso del suelo había desaparecido (Anón. 1952j). Como resultado, se talaban casi 150 000 ha de bosques anualmente, había incendios por todas partes y la agricultura migratoria estaba agotando al suelo.

En lo que hoy es Burkina Faso, debido a la explotación del bosque para leña y carbón y ante la imposibilidad de protegerlos contra incendios se propuso que las reservas

forestales fueran entregadas a los pobladores para que las cultivaran (Civette 1953). En Costa de Marfil, las prácticas de cultivo autóctonas mantenían el equilibrio con los terrenos boscosos, pero este equilibrio se perdió a causa del crecimiento excesivo de la población, del mayor énfasis en el desarrollo industrial, del cambio de dieta y de la inmigración (Piolant 1952).

En Sierra Leona y Gambia, el equilibrio entre el cultivo y el barbecho ya se había perdido en 1952, y el plazo del barbecho se había acortado a menos de siete años (Anón. 1952m). Todos los bosques no reservados se estaban dedicando al uso agrícola. En Togo, se decidió que los cortafuegos que protegían a los bosques eran demasiado caros y el gobierno consideraba otorgar los terrenos forestales a los campesinos (Chollet 1952). En lo que hoy es Ghana, los bosques fueron invadidos y explotados ilegalmente por falta de patrulle en bosques no reservados; en consecuencia, en poco tiempo fueron transferidos al uso agrícola (Anón. 1952i).

Se ha documentado la destrucción del suelo por la agricultura migratoria en la región de los Ghats Occidentales de la India (Satyanarayan 1960). La profundidad del suelo variaba entre 150 cm bajo bosques de teca (*Tectona grandis*) a 15 cm bajo pastos pobres. El pH en este último decreció 0,8 puntos, el contenido arenoso se duplicó; la materia orgánica se redujo a un tercio, el N a un sexto, la capacidad de intercambio a un tercio y el calcio a un quinto.

Estudios en lo que hoy es Malasia han demostrado que la agricultura migratoria, que persiste durante 18 meses, elimina todos los retoños de los árboles del bosque anterior (Wyatt-Smith 1958c). Un cambio de millo a arroz de monte extendió el cultivo al segundo año, y eliminó la mayoría de los brotes de árboles (Carey 1960). Aún los árboles aislados que se habían dejado como posibles árboles semilleros pronto desaparecieron (Wyatt-Smith 1960d). La degradación del suelo continuó porque la gente no deseaba volver a cultivar el millo por un año; los suelos se consideraban demasiado pobres para justificar el gasto en conservación y el área era demasiado remota para el uso de fertilizantes o producir cultivos para la venta (Carey 1960).

La destrucción de los bosques para establecer cultivos migratorios en Tailandia ha sido espectacular. En 1958, dos tercios de los bosques a elevaciones de más de 1000 m ya habían desaparecido (Loetsch 1958). El

Cuadro 8-3.—Efectos de la quema en las propiedades del suelo en la Amazonia

Propiedades del suelo	Antes de la tala	Días después de la quema		
		14	148	290
pH	3.70–4.10	4.30–4.80	3.50–3.80	4.10–4.50
Calcio y magnesio (meq% ^a)	0.30–0.50	1.00–1.60	0.50–1.00	1.00–1.40
Potasio (meq%)	.06–.09	.17–.31	.08–.12	.15–.09
Fósforo (meq%)	.46–.67	.69	.69	.69
Aluminio (meq%)	1.20–2.10	.50–.90	1.10–1.80	.40–1.10

Fuente: Brinkman y Nascimento 1973.

^ameq% = miliequivalentes por 100 g.

desperdicio era obvio porque la madera se quemaba, y sin embargo el Parlamento demostró poco interés o compasión por el tema de la práctica forestal.

La quema, casi universalmente asociada al cultivo migratorio, causa que ciertos nutrimentos se pierdan en la atmósfera o se liberen en las cenizas, expuestas al escurrimiento del agua. Sin embargo, estudios efectuados en Ghana demostraron que después de la quema, el suelo forestal retiene casi todo el potasio (K), calcio (Ca) y magnesio (Mg) en los primeros 30 cm (Nye y Greenland 1964). También hubo un aumento pronunciado del pH. El aumento del N y del carbono (C) en el suelo se debió a la mezcla de partes de la vegetación con el suelo. No hubo una pérdida neta del humus como resultado de la quema. Al año siguiente, se perdió materia orgánica como resultado de la oxidación del material no humidificado; sin embargo, la tasa de pérdidas fue mucho menor durante el segundo año. En general, hubo una rápida pérdida de nutrimentos por lixiviación y erosión durante el primer año. La quema acentúa estas pérdidas, particularmente cuando se repite, después de lo cual los pastos pueden invadir la zona e impedir que se efectúen nuevos cultivos (Frissel 1977).

Un estudio en latosoles de la Amazonia brinda más información de los resultados de la quema (Brinkman y Nascimento 1973). Después de la quema, el pH, Ca, Mg y K de los primeros 20 cm de la capa superficial del suelo habían aumentado (Cuadro 8-3), pero luego el K, que es relativamente móvil, disminuyó.

En 1957, la FAO describió en detalle las desventajas de los cultivos migratorios (Anón. 1957b):

- El barbecho no está sujeto a control; por lo tanto, la mejora del sitio es imposible.
- La erosión y los incendios están destruyendo los suelos.
- La vida nómada no ofrece incentivos para intensificar el manejo o hacer mejoras a largo plazo.
- Los campesinos migratorios no reciben ninguna recompensa por las buenas prácticas, tal como más propiedad o dinero.
- Cuando la población supera el límite sostenible, todo el suelo se degrada y el hambre dispersa a la población.
- No hay posibilidad de crear una especialización o efectuar un cambio progresivo.
- La tendencia hacia cultivos para la venta destruye el suelo.

Phillips (1961) enumera las causas de la baja eficiencia de los cultivos de subsistencia. Entre ellas, las siguientes parecen ser especialmente importantes: el mal uso de los terrenos; el pobre cuidado al suelo; pobres semillas; insuficientes herramientas e implementos; un control inadecuado de las malezas, pestes y enfermedades.

La importancia de estos factores difiere y en algunos casos son debatibles. No hay duda de que el campesino, cuando no está sometido a influencias externas, hace un buen uso de los terrenos, de las plantas disponibles, de la mano de obra y de su ingenio

en cuanto al espaciamiento y momento de cultivar. Tampoco cabe duda de que las prácticas de agricultura de subsistencia son tan durables como las de la agricultura moderna sin fertilización. La dificultad empieza con el deseo de producir más de lo que se necesita para subsistir. Este objetivo requiere mayores rendimientos y generalmente un modo de cultivar que difiere de los cultivos mixtos y la cobertura de estratos múltiples. También exige una producción competitiva que involucra fertilización o un alto rendimiento de la mano de obra. La eficiencia, por consiguiente, se debe juzgar no sólo por los costos por unidad de producción, sino también por la satisfacción de necesidades de la comunidad rural productora.

Uno de las críticas más comunes en contra de la agricultura migratoria es que sostiene sólo a 8-12 personas/km² (Nye y Greenland 1964). En teoría, el sistema podría dar sostén a una aldea de 630 a 950 personas usando los terrenos comprendidos en un radio de 5 km. El hecho de que la agricultura migratoria no necesariamente requiere bajas densidades de población o poco desarrollo social se ilustra a continuación (Rebugio 1976). En Campeche, México, se ha dado sostén a más de 20 personas/km², hasta 40 personas/km² en Uaxactum, y hasta 50 personas/km² en Indonesia. En partes del África, este número es de 90 o más, y en las tierras altas de Nueva Guinea, casi 200 personas/km².

La cultura de los Xingu en Brasil practica un cultivo migratorio de tres años en 0,3 ha por persona y un barbecho de 25 años, el cual ha proporcionado sostén a una aldea de 145 personas con sólo 385 ha (Carneiro 1961b). Una aldea de 2000 podía ser alimentada a estas densidades con 5400 ha, a distancias que se pueden abarcar a pie.

Aunque bajo ciertas circunstancias estos sistemas de cultivo pueden abastecer a poblaciones densas, no hay pruebas convincentes para afirmar su capacidad de alimentar a una sociedad compleja y estratificada concentrada en grandes aldeas o pueblos. De hecho, algunos sugieren que la agricultura migratoria causó la desaparición de la civilización maya (Rebugio 1976). La gente de los poblados pequeños y dispersos enfrenta una transición difícil cuando empiezan a depender de un mercado centralizado y remoto. El sostén de grandes poblaciones se puede facilitar si depende de cultivos de vegetales y tubérculos cuya cosecha extrae sólo una pequeña fracción de los nutrientes que existen en el suelo. Estos y otros cultivos, como *Guilielma gasipaes* y *Brosimum alicastrum*, pueden haber sido el sostén de la civilización maya (Harris 1972).

El barbecho: conservación de nutrientes. La cosecha repetida puede agotar nutrientes de las plantas, lo que puede seriamente amenazar la productividad, aún bajo sistemas de cultivos migratorios. Una porción significativa de los nutrientes de que disponen las plantas se pueden almacenar en la vegetación bajo barbecho. La destrucción del barbecho hace que estos nutrientes se descompongan y se pierdan por escurrimiento y lixiviación. La rapidez de estas pérdidas se ve en los resultados de un estudio efectuado en Ghana donde se compararon los niveles de nutrientes tres años después del tratamiento forestal (Cunningham 1963). En un área donde se aprovechó la mitad de la densidad forestal, en los primeros 5 cm del suelo se encontró una disminución del nitrógeno del 47%, 44% del fósforo y 48% del carbono orgánico. En comparación, en un área talada los porcentajes de pérdidas correspondientes fueron del 53, 50 y 57%, respectivamente.

En la Amazonia venezolana, la disminución de la productividad de un cultivo de yuca (4,3 t/ha en el primer año y 2,8 t/ha en el segundo) se atribuyó a la pérdida de fertilidad del suelo (Uhl y Murphy 1981). El primer año después de la corta y quema del barbecho, el cultivo de yuca produjo casi cinco veces más materia seca que el bosque secundario. En el segundo año, sin embargo, el bosque secundario (bajo barbecho) fue 2,7 veces más productivo que la yuca.

El escurrimiento y la erosión aumentan dramáticamente después que los bosques primarios se convierten en cultivos limpios (Cuadro 8-4). Estos datos, provenientes de Mindanao, Filipinas, corresponden a un período de 227 días, y se tomaron en laderas con pendientes de casi

Cuadro 8-4.—Pérdidas por sedimentación y escorrentía causadas por la tala en bosques de Mindanao, Filipinas			
Tipo de bosque	Escorrentía de la precipitación (%)	Pérdida media diaria (kg/ha)	Pérdida anual de materia orgánica (kg/ha)
Primario	26	200	45
Secundario de 6 años	26	290	65
Abacá de 10 años	64	590	133
Fuente: Kellman 1969.			

25% (Kellman 1969). Un barbecho secundario, sin embargo, a los seis años es casi tan efectivo como un bosque primario.

Los sistemas de barbecho no aceleran la liberación de nutrientes en las fuentes primarias del suelo. Sin embargo, los barbechos tienen una capacidad única de capturar e inmovilizar los nutrientes liberados. Los dos siguientes factores ayudan a realzar la productividad del suelo durante la época de barbecho (Bartholomew *et al.* 1953):

- Acumulación de nutrientes en combinaciones orgánicas y prevención de pérdidas mediante la inmovilización en la planta.
- Mejora de la estructura del suelo debido tanto a la actividad biológica como al período de descanso después del cultivo.

Estudios efectuados en Yangambi demostraron cuál era la acumulación de biomasa total en peso seco en terrenos bajo barbecho (Cuadro 8-5). La composición química de la biomasa indica además la tasa de inmovilización de nutrientes que el barbecho logra (Cuadro 8-6). La inmovilización de nutrientes bajo cobertura de pasto de tres años en la misma zona produjo una biomasa total promedio de 86,1 t/ha de peso seco, 418 kg/ha de N, 46 kg/ha de P, 348 kg/ha de K, y 201 kg/ha de Ca y Mg (Bartholomew *et al.* 1953). Naturalmente, los pastos pueden inmovilizar inicialmente más nutrientes que el barbecho forestal, pero a la larga este inmoviliza mucho más.

Cuadro 8-5.—Peso seco de biomasa acumulada en barbechos en Yangambi, antiguo Zaire (t/ha).

Componente de árbol	Peso seco del barbecho		
	2 años	8 años	17-18 años
Hojas	5.6	5.3	6.4
Madera	5.4	116.3	114.6
Raíz	6.9	22.7	31.2
Hojarasca	1.9	8.0	22.8
Total	19.8	152.3	175.0

Fuente: Bartholomew *et al.* 1953.

Los cultivos de árboles y arbustos que mantienen el suelo cubierto, como los árboles de caucho, la palma aceitera, coco y té producen una hojarasca significativa capaz de sostener un cultivo de cobertura que puede ser manejado para mantener el nivel de materia orgánica (Young 1976). Sin embargo, con el cultivo de plantas anuales no parece haber un medio práctico de mantener la materia orgánica del suelo en zonas húmedas, a no ser que se extienda el plazo del barbecho o se apliquen al suelo tratamientos complementarios.

Un beneficio del barbecho, no generalmente reconocido, es su relativa resistencia a la quema. Aún cuando los barbechos frecuentemente son afectados por incendios, rara vez se consume toda la materia orgánica y los sistemas de raíces y su capacidad de rebrotar favorecen una inmovilización rápida del máximo de los nutrientes liberados.

Existen evidencias de que las especies pioneras que surgen después de una tala tienen una mayor capacidad de inmovilizar nutrientes (Kellman 1969). La mayor parte de la recuperación del suelo ocurre durante la vida de estas pioneras, sea a los 5, 10 o 15 años. Durante este período, las condiciones de la superficie del suelo deben reponerse y el escurrimiento y la erosión se reducen a niveles similares a los de los bosques más antiguos.

El largo plazo que el barbecho necesita para restaurar sitios forestales y producir un nuevo cultivo alimenticio se ha convertido en un problema en sitios donde la densidad de la población o las mayores exigencias crean presiones por nuevas extensiones de terreno para la agricultura. Se han efectuado muchos cálculos sobre este período a partir de observaciones generales. Los estimados iniciales sugieren que el plazo oportuno para el barbecho es de 15 años en Borneo del Norte (Coene 1956, Lee 1961) y de 5 a 10 años en lo que hoy es Sri Lanka (Rosayro 1961). En Trinidad, el período de barbecho requerido después de la tala, quema y un año de cultivo está directamente relacionado con la pendiente y la humedad, debido a la gran tendencia del suelo a la erosión y lixiviación (Cornforth 1970b). El aumento del K, Ca y Mg, y la reducción del N resultante de la quema, desaparecieron en casi cuatro años; el nitrógeno alcanzó su nivel original en casi diez años; el fósforo se redujo durante siete años y nunca volvió a recuperar su nivel original, permaneciendo a un nivel 25% inferior. En Sarawak, los períodos estimados de recuperación del sitio varían de 7 a 12 años (Cramb 1978, Hatch 1980).

Cuadro 8–6.—Composición química de los bosques en barbecho en Yangambi, antiguo Zaire (kg/ha)

Componente del árbol	Nutrimento	Contenido de nutrimentos		
		2 años	8 años	17–18 años
Hojas	Nitrógeno	80.0	120.0	143.0
	Fósforo	10.7	6.6	7.5
	Potasio	80.0	79.0	80.0
	Calcio, magnesio	63.0	87.0	76.0
Madera	Nitrógeno	18.0	206.0	301.0
	Fósforo	6.2	15.3	62.2
	Potasio	37.0	579.0	305.0
	Calcio, magnesio	34.0	344.0	378.0
Raíz	Nitrógeno	76.0	152.0	146.0
	Fósforo	4.9	9.1	34.0
	Potasio	65.0	100.0	200.0
	Calcio, magnesio	42.0	127.0	266.0
Hojarasca	Nitrógeno	15.0	101.0	11.0
	Fósforo	0.4	13.2	4.1
	Potasio	4.0	81.0	16.0
	Calcio, magnesio	21.0	110.0	102.0
Total	Nitrógeno	189.0	579.0	701.0
	Fósforo	22.2	44.2	108.0
	Potasio	186.0	839.0	601.0
	Calcio, magnesio	160.0	668.0	822.0

Fuente: Bartholomew *et al.* 1953.

Estudios efectuados en Centroamérica proporcionan mayores detalles del efecto de la duración del barbecho en la recuperación del sitio (Ewel 1976, Ewel y Conde 1978). Ya a los 14 años, la hojarasca en los bosques secundarios de Guatemala es igual a la de bosques maduros. Los ciclos de algunos nutrimentos se igualaron antes. La hojarasca puede ser aún mayor en los bosques secundarios que en los primarios debido al carácter caducifolio y a los cambios en la sucesión de las especies.

En el este de Guatemala, en sitios donde la precipitación anual es de 200 cm, se descubrió que la acumulación de materia orgánica después de una tala alcanzó la mitad de la de un bosque sin perturbar en menos de un año bajo barbecho, y la igualó entre los 3 y 5 años de edad (Ewel y Conde 1978). La producción de hojarasca culminó a los 21 años y declinó a su nivel natural entre los 30 y 35 años. La materia orgánica se descompuso

más lentamente en las zonas taladas que en las zonas cubiertas por vegetación.

El nitrógeno, probablemente más que cualquier otro elemento estudiado, refleja los beneficios del barbecho. Los aportes de N dependen de la edad y nunca son mayores en los bosques secundarios que en los primarios (Ewel y Conde 1978). El fósforo en un bosque secundario se redujo a la mitad de su nivel anterior en cinco semanas y a un cuarto en seis meses; los aportes de P se relacionan estrechamente con la producción de hojarasca y alcanzaron su máximo en aproximadamente 20 años. El potasio declinó un 5% en tres semanas o menos y un 10% en seis semanas; las pérdidas posteriores fueron más graduales. Los niveles subsiguientes de K no se correlacionaron con la edad del bosque ni con los niveles de Ca y Mg, ambos relativamente estables.

Donde no se puede dejar en terreno en barbecho por largo tiempo, es necesario fertilizar, especialmente con N, P y K (Kanehiro 1978). No obstante, es difícil adquirir fertilizantes en muchas zonas tropicales; por ello se ha difundido el uso de plantas leguminosas fijadoras de nitrógeno. El nitrógeno en la atmósfera es estable, inerte y no se puede usar directamente. La fijación involucra partir al binitrógeno en dos átomos que reaccionan con el hidrógeno (H) para formar, primero amonio y luego una gama de compuestos (Halliday 1981). Las bacterias rizobias penetran las raíces de ciertas especies leguminosas y de otras plantas, donde forman órganos muy especializados llamados nódulos, los cuales son capaces de fijar N. Algunas leguminosas tropicales se asocian con unas pocas bacterias, y otras con muchas. Estas especies pueden fijar hasta 100 kg de N por hectárea por año; *Leucaena* tiene la tasa más alta de fijación: 350 kg/ha/año.

Aunque algunas leguminosas, *bajo ciertas circunstancias*, pueden aportar N al suelo (Halliday 1981), la mayoría no lo pueden hacer (Kellogg 1963). De las 68 especies de leguminosas nativas y exóticas estudiadas en la Península de Malasia y Singapur, 37 no tenían nódulos en las raíces (Lim 1977); de las Caesalpinioideae, sólo 4 de 27 tenían nódulos; de las Mimosoideae, sólo 5 de 13, y 22 de 27 Papilionoideae. La falta de nódulos en un hábitat natural, sin embargo, no quiere decir que no se puedan formar. Pero, no existen evidencias convincentes de que aún las leguminosas con nódulos excretan cantidades significativas de N a partir de sus raíces o nódulos. Un cultivo que fija 100 kg de N por año excreta sólo aproximadamente 0,5 kg al suelo (Halliday 1981). Aún en suelos pobres, sólo una parte del N acumulado por las leguminosas proviene de la fijación biológica. El beneficio principal del N para las plantas asociadas se considera indirecto, a través de la pérdida y descomposición de los tejidos de los brotes, raíces y nódulos. Per aún así, 5 t de materia verde añade sólo 40 kg/ha de N al suelo, del cual sólo la mitad aproximadamente se mineraliza para beneficiar al resto de la vegetación.

Estos descubrimientos contradicen muchas de las afirmaciones sobre la capacidad de las plantas fijadoras de N. Sin embargo, estas plantas claramente tienen un lugar en suelos pobres donde el N es limitado. Además, en asociación con otras plantas, las que fijan N presumiblemente compiten menos por el N que las demás especies.

Mejoramiento del efecto de la agricultura migratoria

La agricultura migratoria ha sido tan criticada que muchos han llegado a la conclusión que se deben eliminar. Bajo ciertas condiciones, la agricultura migratoria sin duda crea muchos y serios problemas; sin embargo, la eliminación de la práctica no es factible ni deseable en gran parte de los trópicos. En vez, la práctica debe adaptarse a la capacidad productiva del ambiente. Eso requiere que se entiendan no sólo las necesidades humanas sino también las técnicas capaces de aliviar los problemas.

Debido a la creciente población de los trópicos, Gourou (1956) creía que la producción forestal se debía relegar a laderas y mesetas. Al concentrar la agricultura en las regiones más bajas, ricas y húmedas se aumenta la productividad en tres formas: por hectárea de terreno, por hora de trabajo y por volumen de producción. Esta tendencia, sin embargo, no significa necesariamente que se abandone la agricultura migratoria, porque sin abono, el cultivo migratorio rinde más por día de trabajo que un arrozal.

Al contrario, Watters (1968a) observó que el aumento de producción por unidad de trabajo rara vez corresponde a una mayor inversión para aumentar la productividad. En vez, lo que se genera es más tiempo libre. Para resolver los problemas de la agricultura migratoria, Watters recomendó aumentar el rendimiento por unidad de área en los sitios densamente poblados y por hora de trabajo en los sitios más despoblados (Watters 1971). Además, concluyó que aunque todavía quedan muchos problemas técnicos, la mayoría son relativamente simples de resolver. La verdadera dificultad yace en la implementación de las soluciones; esto es, lograr que la gente rural las acepte; no es que el desarrollo se debe efectuar *para* la gente, sino que debe ser efectuado *por* la gente. Los gobiernos deben darse cuenta de que lo que está en juego en última instancia es la conservación de la gente; sus propias vidas y culturas (Watters 1974). Estos propietarios históricos tienen el derecho de participar en la toma de decisiones que afectan el curso futuro de sus vidas y el uso futuro del bosque. Desafortunadamente, a menudo sus necesidades y deseos no se consideran siquiera. Por ejemplo, en el norte de Borneo los decisores recomendaron controlar la agricultura migratoria, limitando la densidad de población a diez familias (57 personas) por cada 4 km² (Lee 1961). Tales propuestas evidencian la gran distancia entre los que toman las decisiones y los que deben sufrirlas.

Los campesinos migratorios recelan de todo intento de cambiar sus prácticas. En lo que hoy es Malasia, los técnicos propusieron como único “remedio” para la agricultura migratoria, el uso de métodos de cultivo más permanentes por medio de producción cooperativa y que se encerraran los animales. Los campesinos no aceptaron el cambio hasta comprobar sus beneficios (Arnot y Smith 1937).

La tribu Bantu, en el antiguo Zaire, consideraba al cultivo migratorio como una garantía de estabilidad económica (Tondeur 1955). El sistema opera a base del trabajo de la familia y les proporciona alimento y protección contra los malos tiempos económicos causados por las fluctuaciones del mercado de productos y de trabajo. Un sistema agrícola más desarrollado podría ser mucho más vulnerable.

Comúnmente se dice que las expectativas de protección y manejo de los bosques en los trópicos depende de que se intensifique la agricultura y la cría del ganado en otros lugares, aliviando a los bosques de la presión ejercida por la agricultura extensiva (Fontaine 1976). Este enfoque sin duda tiene mérito, pero la agricultura intensiva generalmente no emplea a todos los que anteriormente se dedicaban a labores agrícolas extensivas. También, debido a que la agricultura intensiva requiere mayor especialización y destreza, es posible que los que por último se empleen no sean los que anteriormente se dedicaban al cultivo migratorio.

El reemplazo de los sistemas agrícolas primitivos por técnicas más intensivas se debe examinar a la luz de las ciencias económicas. Mientras los campesinos migratorios comienzan con nada, para cambiar sus métodos se tendría que efectuar una inversión enorme en la mejora de los terrenos, irrigación, drenaje, implementos, galpones, caminos, máquinas, vehículos, ganado, bestias de tiro y control de pestes. Debido a que la agricultura nativa no puede aguantar siquiera un pequeño aumento de los costos, la intensificación sería aconsejable sólo si el rendimiento neto del cultivo fuese claramente superior. La economía no sólo debe ser capaz de absorber la inversión; además, debe garantizar financiamiento para quienes no tienen capital (Tondeur 1955).

Los principios científicos en los que se basa la práctica agrícola pueden ser universales, pero las prácticas individuales se deben ensayar a nivel local (Greenland 1975). No se puede suponer que los nuevos métodos

agrícolas desarrollados por los países industriales sean superiores a los métodos locales (Egger 1981). Los países industriales y en desarrollo tienen distintas metas y distintos recursos. En los trópicos, el énfasis ha sido la subsistencia y no la producción para el mercado; seguridad y estabilidad en vez de un rendimiento máximo, y gran diversidad en la economía doméstica, en vez de trabajo mecanizado y productos químicos. Una manera de cambiar el énfasis sería adoptar los métodos avanzados que se usan en regiones cercanas. Otro modo podría ser adoptar métodos modernos, cuidadosamente seleccionados para aumentar la eficacia de los sistemas tradicionales, sin poner en peligro la estructura básica de estos últimos (Egger 1981). La mejor estrategia sería equilibrar los factores de la población con el potencial tecnológico de la agricultura migratoria, en vez de eliminar la práctica o controlarla rígidamente (Rebugio 1976).

Para fomentar cambios en la agricultura migratoria se requiere una rara combinación de tacto y pericia. Raghavan (1960a) llegó a la conclusión de que en la India, los que intenten hacerlo deben ser no sólo científicos sino también sociólogos practicantes con celo misionero. Aún para los que tienen experiencia en economía y organización práctica, esta misión toma tiempo, paciencia y persistencia (Jurion y Henry 1967). Las escuelas tradicionales no proporcionan el tipo de educación capaz de cambiar estas prácticas (Raghavan 1960b). Para ayudar a que la población rural se aúne al ambiente forestal, los currículos forestales deben enfatizar la importancia de los bosques para un sinnúmero de oportunidades aliadas a la agricultura, tales como cría de pollos, manejo de pastos, producción de productos lácteos, labrado de la madera, fabricación de canastos y carpintería.

En Tailandia, la estabilización de campesinos migratorios se ha intentado mediante un extenso desarrollo rural (Samapudhi 1974). El bosque se divide en grandes parcelas para cada aldea, algunas de 96000 ha para 100 familias. Los líderes de la comunidad reciben materiales educativos sobre cómo organizar a la aldea para ayudar a la gente. Además, se pueden efectuar mejoras en la aldea (agua corriente, electricidad y educación). Las tareas forestales constituyen una fuente de empleo parcial. Se organiza un sistema taungya para producir ingresos significativos para la comunidad.

Planificación local mejorada. Los esquemas de asentamiento rural comúnmente tienen metas que suponen el cese de la agricultura migratoria. Como

ejemplo, en el antiguo Zaire, se aplicaron dos sistemas (Coene 1956); con el primero, las familias recibían una parcela en la cual labraban una pequeña porción durante un tiempo dado. Con el segundo, recibían franjas de terreno en forma secuencial. Con el primer método se logró un mejor cuidado del suelo, porque cada campesino se ocupaba siempre del mismo terreno.

Cuando la agricultura de subsistencia ha dado lugar al cultivo para la venta, se pierden las relaciones previamente armoniosas con el ambiente. Generalmente no es deseable ni posible recrear las viejas relaciones (Watters 1960); en vez, la tarea es establecer nuevas relaciones que no violen el “diseño de la naturaleza” y que, sin embargo, sean consistentes con las necesidades actuales.

Donde los cultivos arbóreos, tales como el caucho, la palma aceitera, las nueces y la fruta, son apropiados para laderas lluviosas y suelos marginales, la inversión inicial necesaria y el largo plazo para obtener rendimientos hacen que el cultivo no sea atractivo para los propietarios privados (Santiago 1961). Se necesita, entonces, la participación del sector público en la forma de manejo directo, al menos temporal, o incentivos gubernamentales continuos.

La participación gubernamental requiere el reconocimiento de que la producción forestal juega un doble papel. La asistencia a las comunidades rurales y particularmente a los campesinos capaces de beneficiarse con las mejores prácticas en terrenos que requieren medidas especiales de conservación podría ser el objetivo público principal. Sin embargo, el gobierno debe también estimular la producción de suficiente madera industrial para satisfacer la demanda nacional. Para asegurar el logro de ambos objetivos, los que están a cargo de la planificación pública deben identificar los bosques permanentes, además de los bosques cuya función primaria es el barbecho para sostener la producción de otros cultivos.

Un ejemplo de planificación local se ve en Madras, India (Venkataramany 1960c). La comunidad consistía de 100 familias (500 personas) y 400 cabezas de ganado. El consumo doméstico anual de leña era de 1/6 de tonelada per cápita (83 t en total). Para una rotación de 30 años se necesitaban 100 ha de bosque. Además, el ganado necesitaba 80 ha de pastos, para un total de 180 ha; es decir, 0,36 ha por persona, más del triple del terreno generalmente disponible en aquellos tiempos en

la India. Las recomendaciones presentadas para remediar esta deficiencia incluían reducir la cantidad de ganado y cambiar del abono a fertilizantes químicos, dedicando los terrenos en barbecho y parte de las reservas forestales cercanas a la producción de leña y forraje.

En una encuesta efectuada en la década de los 1960, los administradores de tierras tropicales convinieron en que los cultivos alimenticios y los árboles podían prosperar en terrenos que no eran capaces de sostener un cultivo continuo (King 1968a). Los barbechos de bosques secundarios o árboles plantados se consideraron la clave del éxito. Por consiguiente, se propusieron proyectos a nivel de aldea, en que el uso de los terrenos estaría estrechamente controlado y la producción se complementaría mediante cultivos taungya continuos, dentro de las reservas forestales. El atractivo consistía en las ventajas aportadas, en comparación con otros sistemas, tales como el tener que mudarse frecuentemente, monocultivos caros y cuadrillas de trabajadores pagados para plantar árboles (King 1968a).

Uso de la tierra. Una amplia gama de técnicas, algunas comprobadas pero en su mayoría todavía sin usar, ofrecen la esperanza de que el uso de la tierra pueda ser mejorado y estabilizado donde la agricultura migratoria impide una productividad sostenida. Algunas de las prácticas actuales no protegen el suelo ni agradan a los campesinos. En la India (Sagreiya 1946a), los aldeanos usaban el abono de ganado como combustible sólo como último recurso; la alternativa recomendada fue establecer plantaciones de “combustible y forraje” con especies robustas de crecimiento rápido tales como *Acacia* spp., *Dalbergia sissoo*, *Melia* spp., *Prosopis* spp. y *Senna siamea*, raleadas hasta un espaciado de 5 m x 5 m después de 2 a 3 años e intercaladas con pastos de forraje.

El sistema del corredor desarrollado en el antiguo Zaire, se diseñó para estabilizar los límites entre los campos de distintos labradores (Kellogg 1963). La zona entera se manejaba con una rotación basada en la cantidad de años de cosecha, además de los años de barbecho. Cada año, se plantaban cantidades apropiadas de terrenos, mientras que otros se dejaban en barbecho. Cultivos permanentes complementarios se plantaban en las cercanías. Como fertilizante se usaban cenizas de leña, abonos y compost. Los cultivos altos que no requerían un cultivo limpio, como yuca y bananos, se usaban durante el último año antes del barbecho, para

dar a los árboles un buen comienzo. Cada cultivador labraba franjas de 100 m de ancho a lo largo de las curvas de nivel con una franja protectora entre una franja y otra (Nath 1968).

La “cosecha en callejones” es una práctica desarrollada por los agrónomos, mediante la cual los cultivos alimenticios se establecen entre hileras de árboles o arbustos. Los cultivos alimenticios deben ser periódicos, y los árboles se podan sólo durante los períodos de cosecha. Las especies arbóreas usadas deben ser fáciles de establecer, de crecimiento rápido, buenas para rebrotar y capaces de desarrollar raíces profundas y follajes densos. Las hileras se espacian de 2 a 4 m, y de 25 a 100 cm entre árboles. Durante los períodos de cosecha, los árboles se podan cada 5 a 6 semanas hasta alcanzar una altura de 2,5 a 7,5 m. Cinco podas de *Leucaena* por año en suelos ligeramente ácidos rindieron 160 kg de P, 100 kg de K, 40 kg de Ca y 15 kg de Mg por hectárea. La aplicación de estas podas al maíz triplicó los rendimientos en cuatro años.

Los cambios en el sistema de cultivo migratorio considerados en la India incluyen barbechos de plazo más largo (taungya) con cultivos de árboles como *Alnus*, *Gmelina*, *Leucaena* o *Sesbania*, o el uso de mejores terrenos para el cultivo continuo con fertilización, rotación de cultivos o cultivo en terrazas (Nath 1968).

Donde la agricultura migratoria está erosionando el terreno, la recomendación más divulgada es intensificar el tratamiento. Esto incluye el uso de fertilizantes, arar cuando los tocones dejan de rebrotar, un uso más eficaz del forraje y de los cultivos arbóreos y el uso de fungicidas y pesticidas (Watters 1974). Estas recomendaciones, sin embargo, constituyen un gran cambio en relación con las prácticas de agricultura de subsistencia y de economía dual. Además, tal intensificación generalmente no ha ayudado mucho a los aldeanos, sino más bien les ha esclavizado a unos pocos cultivos a expensas de lo que necesitan para vivir. A menos que el gobierno pueda compensar a los pequeños campesinos con beneficios que ayuden a desarrollar a la comunidad, los que cultivan terrenos marginales generalmente pierden la carrera debido a la competencia de quienes producen en mejores terrenos.

Sea cual fuere el obstáculo aparente a la mejora de la agricultura migratoria, la productividad natural primaria de los trópicos húmedos sigue siendo una de las más altas del mundo (Lieth 1976). Aunque esta

productividad se reduzca significativamente debido a la conversión de ecosistemas naturales a terrenos de cultivo, y aunque se necesiten fertilizantes para una producción sostenida, aún quedan muchas zonas y un gran número de especies nativas sin ensayar que podrían ser prometedoras.

Tanto en el caso de los sistemas naturales como agrícolas, una gran actividad biológica casi siempre se logra con la ayuda de aportes de fuera del sistema (Odum 1972). Sin embargo, si se intenta aumentar la productividad en demasía, puede aumentar también la contaminación por el uso de sustancias químicas, se desestabiliza el sistema por el monocultivo y se incrementa la vulnerabilidad de las plantas a las enfermedades, si sus mecanismos protectores se suprimen genéticamente para favorecer un mayor rendimiento. Los ecosistemas jóvenes tienen una alta tasa de producción, crecimiento y rendimiento; los ecosistemas maduros tienen altos valores de protección, estabilidad y calidad. Es necesario conservar los mejores rasgos de ambos sistemas.

Para que cualquier sistema agrícola sea estable, la condición física del suelo debe permanecer idónea. Para mantener el carácter arable del terreno se debe controlar la erosión, acidez y toxicidad. El suelo debe permanecer protegido contra la fuerza directa de la precipitación; por consiguiente, se necesita un cultivo de cobertura continua o intermitente. Los nutrientes eliminados por las cosechas se deben reaprovisionar y no se debe permitir que se acumulen malezas o plagas (Greenland 1975). Bajo un cultivo migratorio, estas condiciones se pueden cumplir sólo con un período de barbecho que sea de 1 a 20 veces mayor que el período de cosecha. Si se reduce el tiempo de barbecho y se alarga el de cultivo se induce al deterioro del sitio.

Un sistema de cultivo beneficioso para el pequeño agricultor no incluye el arado, pero sí el abono orgánico, el uso de variedades de alto rendimiento resistentes a plagas y enfermedades, la aplicación de P y posiblemente de otros fertilizantes, el establecimiento de especies leguminosas y el control de la acidez mediante cenizas y hojarasca. Para ser prácticas, las alternativas a la agricultura migratoria deben requerir una inversión mínima de capital, y reducir o eliminar el período de barbecho y aumentar la productividad al menos cuatro veces (Greenland 1975). Sin embargo, la posibilidad siempre existe de que el cultivo intensivo pueda exacerbar la degradación del suelo. Por consiguiente, se

deben controlar los niveles y la estructura de la materia orgánica para anticipar cualquier necesidad y aplicar con prontitud las medidas correctivas necesarias (Young 1976).

Con frecuencia, la agricultura tradicional puede ser mejorada adoptando métodos usados en sitios cercanos (Egger 1981). Ejemplos de tales métodos incluyen el uso de cultivos arbóreos, cultivos de cobertura, manejo de malezas, mezclas y rotaciones escalonadas. La tendencia de estas prácticas es de convertir a la agricultura de subsistencia en un cultivo comercial, una transformación que es mejor efectuar en forma gradual.

Barbechos mejorados. Una buena posibilidad de aumentar la producción agrícola consiste en intensificar los sistemas de barbecho (Greenland 1974a). Esto resultaría en un barbecho de plazo más corto o en un período más largo de cultivos. La fertilización durante los períodos de cosecha siempre será necesaria para estimular la producción significativamente. Los fertilizantes a base del amonio tienden a acidificarse, por lo que se requiere que eventualmente se añada cal, lo cual es costoso. El barbecho seguido por quema agrega nutrimentos que neutralizan la acidificación, por tratarse de carbonatos la mayoría de ellos (Greenland 1974b). Sin embargo, la protección contra la quema es crítica pues el barbecho podría no acumular suficientes nutrimentos para dar sostén a los cultivos posteriores. Este problema, presente en todo el trópico, surgió hace años en el antiguo Zaire, donde se resolvió dejando franjas de bosque nativo en todas las zonas agrícolas para que actuaran como cortafuegos (Collin 1952b). La protección del barbecho contra los incendios de por sí aumenta su efectividad enormemente.

Los barbechos leñosos de las sabanas almacenan mucho más K, Ca y Mg que los barbechos de pasturas (Nye 1958). Aún el barbecho de gandules es muy superior al de pastos nativos.

Distintas especies de árboles pueden ser igualmente valiosas como barbecho, pero varían mucho en cuanto a su utilidad para otros propósitos. *Acioa barteri*, un arbusto de la familia Chrysobalanaceae nativa del África occidental, fue ensayado por su capacidad de rebrote (Nye y Hutton 1957). Después de cuatro años, había almacenado menos N, P y K que la regeneración natural, pero había producido casi el doble de la fitomasa sobre la superficie del suelo (Cuadro 8-7). Por consiguiente, a

la larga, quizás resulte tan beneficioso como el barbecho natural.

Otra alternativa para barbecho son las especies de crecimiento rápido (Young 1976). Si se introducen al final del período de cosecha, pueden ser tan efectivas como el barbecho natural para restaurar el humus del suelo. Un barbecho de seis años con tales especies en ladera con un declive del 25% en Mindanao, Filipinas, mantuvo las pérdidas de sedimento y materia orgánica a un nivel del 45% de la pérdida en bosque primario, y la escorrentía a sólo un 2% de la del bosque primario (Cuadro 8-8). Un período corto de cosecha y el uso adecuado del barbecho de coníferas de crecimiento rápido podrían mantener la tasa de deterioro del sitio a menos de lo que comúnmente ocurre en bosques tradicionales con extracciones regulares, y quizás podrían proporcionar, al mismo tiempo, un beneficio óptimo al ciclo del cultivo (Kellman 1969).

Prácticas mejoradas de cosecha. En los trópicos se tienen la creencia de que el aumento en el uso de cultivos alimenticios puede aumentar el período de cultivo. Para períodos prolongados, en el antiguo Zaire se recomendó dos secuencias de cultivos compatibles (Coene 1956):

Zonas forestales densas:

Año 1: Bananos y arroz, luego yuca (después de cosechar el arroz)
Año 2: Bananos y yuca, la cosecha comienza a fines de año

Cuadro 8-7.—Almacenaje de nutrimentos durante cuatro años en un barbecho de *Acioa barteri* en África Occidental (kg/ha)

Nutrimento	Almacenaje de 4 años (tallos, hojas y hojarasca)	
	Barbecho natural	Barbecho de <i>A. barteri</i>
Materia seca total	24,800	46,700
Nitrógeno	382	310
Fósforo	52	27
Potasio	367	174
Calcio	168	230
Magnesio	104	147

Fuente: Nye y Halton 1957.

Año 3: Cosecha de bananos y yuca
 Año 4: Maíz, calabaza y frijol, seguidos por algodón
 Año 5: Maní, seguido por algodón
 Años 6-19: Barbecho arbustivo

Después del barbecho arbustivo:

Año 1: Arroz en 20% del terreno; maíz, frijol y calabaza seguido por algodón en el otro 80%.
 Año 2: Maní en 100% del terreno, seguido inmediatamente por algodón en 50%; 2 meses más tarde, yuca intercalada con el algodón
 Año 3: Bananos y yuca sin desyerbar
 Años 4 y 5: Cosecha de bananos y yuca
 Años 5-17: Barbecho arbustivo

El equilibrio entre los cultivos de subsistencia y los cultivos para la venta es de naturaleza crítica pero varía mucho de un lugar a otro. A medida que mejoran las comunicaciones y el transporte, el cambio hacia cultivos del mercado y hacia una economía monetaria para las poblaciones rurales va en aumento. Esta tendencia acentúa la necesidad de reconocer y desarrollar variedades superiores de plantas de cultivo. Desde luego, muchas variedades mejoradas dependen de los fertilizantes para ofrecer rendimientos más altos. Sin embargo, los cultivos más eficaces, frecuentemente ignorados pero que ganan popularidad, son para los que raramente usan fertilizantes.

Un cambio hacia cultivos más permanentes, tales como el forraje y los árboles, ha sido recomendado como modo de aumentar la estabilidad de los agricultores migratorios. Ciertos árboles, bajo prácticas de cultivo cuidadosas, han mantenido su productividad durante décadas.

También es posible mejorar las cosechas con un mejor uso de especies leguminosas. Aunque las leguminosas difieren en su capacidad de fijar N (Halliday 1981), esta capacidad puede ser mejorada significativamente mediante inoculaciones de razas seleccionadas de rhizobias. El resultado puede ser, no solo una menor pérdida del N del suelo, sino también un mejor uso del N. Las plantas leguminosas que fijan N absorben una menor cantidad del N del suelo de lo que absorben las no leguminosas. Si las no leguminosas viven más que las leguminosas, aquellas se benefician por la liberación del N producido con la descomposición de estas últimas. Además, entre el 60 y 90% del N producido en granos por las leguminosas se puede cosechar como alimento humano, una contribución mucho más importante que el beneficio que las especies significan para los cultivos cercanos (Halliday 1981).

El nitrógeno fijado por las especies leguminosas actúa más como complemento que como sustituto del fertilizante a base de N (Halliday 1981). No es realista pensar que se puede reemplazar la fertilización a base de N en cultivos de cereales y vegetales mediante el N fijado biológicamente, porque estos cultivos necesitan mucho más N de lo que se puede suministrar por fijación.

Cuadro 8-8.—Efectos de la cosecha sobre el suelo en Mindanao, Filipinas

Índice	Bosque primario	Bosque talado y abandonado durante 7 años	Bosque talado, abacá durante 12 años, abandonado 7 años
Nitrógeno (%)	1.1	0.6	0.4
Fósforo (ppm P ₂ O ₅)		8.0	24.0
Potasio (meq%) ^a	0.4	0.4	0.4
Calcio (meq%)	2.6	3.3	3.9
Magnesio (meq%)	1.0	0.8	1.0
Carbón (%)	8.5	9.0	4.0
Sodio (meq%)	0.1	0.04	0.1
pH	4.7	5.2	5.5
Capacidad de intercambio catiónico	76.7	46.5	43.3

Fuente: Kellman 1969.

^ameq% = miliequivalentes por 100 g.

Sin embargo, el uso de leguminosas en el futuro será muy importante. Las leguminosas no se producen extensamente todavía debido a los bajos rendimientos en volumen (Halliday 1981); los cereales rinden cuatro veces más. No obstante, las leguminosas son capaces de rendir cinco veces más proteína que los cereales, por lo que las técnicas que aumentan los rendimientos merecen ser investigadas. Una lista de especies de árboles apropiadas para sistemas agroforestales se presentan en el apéndice L.

Uso de fertilizantes. El cambio de cultivos de subsistencia a cultivos comerciales evidencia la necesidad de competir con los productos de fincas que usan fertilizantes. Hay poca duda de los beneficios que la fertilización trae, en términos de producción y ganancias, para los pequeños agricultores, a pesar de las limitaciones financieras y de balance de pagos que existen en la actualidad. El uso de pequeñas cantidades de fertilizantes y sustancias químicas puede aumentar significativamente el crecimiento. No es lógico pasar por alto a los fertilizantes en nombre de la tradición; si su uso se justifica económicamente y se aplican como se debe, no deberían haber reservas ecológicas contra su uso o el uso de otras sustancias químicas (Egger 1981).

En el Campo Cerrado de Brasil, donde la corta y quema han reducido el bosque húmedo perenne a una sabana de pastos de chaparral, los cultivos migratorios no pueden tener éxito sin fertilizantes, incluyendo P, Ca, sulfuro (S) y elementos menores (Hardy 1962a).

Se han propuesto subsidios para fomentar la producción con fertilizante de cultivo para la venta en América tropical como remedio contra la agricultura migratoria (Watters 1971). Se supone que el pequeño campesino sólo podrá participar activamente en la economía nacional mediante una asistencia financiera semejante.

La intensificación de pequeñas fincas en los trópicos debe basarse en el uso de fertilizantes para alargar el período de cosecha y para aumentar los rendimientos a niveles competitivos (Greenland 1974b). Las cosechas de cultivares mejorados (incluyendo variedades de alto rendimiento) requieren más nutrientes que las variedades de más bajo rendimiento (Young 1976). Las deficiencias potenciales de nutrientes no se remedian sólo con fertilizantes; se requieren, además, buenas prácticas de manejo del suelo. La clave para proporcionar una cantidad adecuada de N es mantener niveles razonables de materia orgánica, aplicando

fertilizantes a los cuales se añade compost como complemento.

El objetivo de usar fertilizantes sería maximizar la relación de ingreso y salida de nutrientes, en vez de maximizar el rendimiento solamente (Liebhardt 1981). Pequeñas cantidades de fertilizante pueden aumentar la producción enormemente; en los suelos de base alta que cubren el 18% de los trópicos, pequeñas cantidades de N, P y micro-nutrientes deberían ser suficientes. En suelos cuya base es pobre, o sea el 51% de los trópicos, donde la acidez, toxicidad por aluminio (Al) y deficiencias de P son extensas, quizás se tenga que añadir también cal, P y posiblemente S. Las necesidades de fertilización pueden reducirse usando cultivos que toleran condiciones adversas, tales como arroz de altura, yuca, batata, frijol de palo, algunas especies de pastos y leguminosas (Liebhardt 1981).

Sistema taungya

Los sistemas taungya involucran el uso de cultivos agrícolas cuyo propósito es mejorar los terrenos para iniciar una plantación forestal. Esta palabra, que significa literalmente “terreno de ladera” es birmana (Birmania, hoy Myanmar, de donde el sistema emigró en 1870); en la India esa misma práctica se llamó “kumri” (Clarke-Butler-Coke 1943, Raghavan 1960b).

En Java, el sistema taungya se usó para plantar 40 000 ha de teca (*Tectona grandis*) alrededor de 1891 (Becking 1951). Para 1920 habían 190 000 ha y en 1952, 312 000 ha (Figs. 8-2 y 8-3). En lo que hoy es Myanmar, en 1962 se habían plantado 40 000 ha de teca y otras mezclas (Hundley 1962). En 1977 solamente, se plantaron 132 000 ha de teca en Java, mediante ese sistema (Atmosoedarjo y Banyard 1978). El sistema taungya se diseminó a través de la India después del año 1914, incluyendo además los bosques secos para leña plantados durante la década de 1920. Al África occidental el sistema llegó a fines de la década de 1920 (Brookman-Amisshah 1976). En 1935, la autoridad nativa en lo que hoy es Benin convino en liberar anualmente 400 ha de reservas forestales para establecer plantaciones tipo taungya (Clarke-Butler-Coke 1943).

Para tener éxito, el sistema taungya debe ser aplicado en sitios donde: hay necesidad de terrenos; los suelos son adecuados para producir cultivos alimenticios con rendimientos temporales razonables, sin causar un deterioro excesivo del suelo; las especies arbóreas en demanda son de adaptabilidad comprobada; existe una



Fig. 8-2.—Como se aprecia en las paredes del Templo de Boburadur en Java (siglo VIII), la agroforestería quizás no sea tan nueva después de todo.

población campesina, y el personal local está entrenado para operar el sistema (Clarke-Butler-Coke 1943, Raghavan 1960b, Raynor 1941).

El sistema fue introducido en Bengala occidental, India, debido a que la regeneración natural era poco satisfactoria (Talukdar 1948). Cada campesino recibió de 0,4 a 0,8 ha para cultivar. En algunas zonas, los campesinos recogen las semillas de los árboles, las siembran y limpian la plantación durante dos años sin ningún costo para el gobierno. Además, a los campesinos se les ofrece hasta 2 ha de tierras bajas para que cultiven arroz y se les permite pastar dos bestias de tiro y una vaca en los terrenos forestales. También se les permite obtener productos forestales para construcción y hasta el momento de la cosecha reciben granos alimenticios en préstamo. Además, por todos los trabajos forestales, los campesinos reciben paga.

Se describió como exitosa en la India una combinación de taungya con bosques comunales y zonas de pastoreo (Smythies 1938b). Una zona de casi 15 000 ha había sido usada tradicionalmente por 86 aldeas ubicadas a unos 5 km del borde del bosque. El mismo se había deteriorado, ya que hasta 1947 se había permitido el uso ilimitado para el pastoreo y extracción de madera. En ese año se protegieron del pastoreo 5700 ha, las cuales mejoraron rápidamente. Según el plan, 6700 ha fueron clasificadas como de producción de madera (de estas, 5700 ha se establecerían mediante el sistema taungya), y 8700 ha se dedicaron al uso de las aldeas (6500 ha para



Fig. 8-3.—Los terrenos ricos y llanos de la parte oriental de Java están muy poblados e intensamente cultivados; sin embargo, los árboles se han mantenido durante siglos por sus frutos, madera y leña para la población agrícola.

establecer plantaciones para leña mediante el sistema taungya).

En Java, el sistema taungya se usó simplemente porque se necesitaban cultivos alimenticios (Weff 1954). Se plantaron los siguientes cultivos: maíz, maní y ají (Becking 1951). La yuca y el aceite de castor se consideraron plantas demasiado altas. Entre los cultivos alimenticios se intercalaron árboles de *Leucaena*, especie que produjo un aumento de la hojarasca y del nitrógeno. Más recientemente, se ha cultivado arroz de secano al lado de la teca en Java, usando N y P como fertilizantes (Atmosoedarjo y Banyard 1978). El fertilizante aumentó los rendimientos de los cultivos en más del 50% y pareció estimular a la teca también.

En 1952, el sistema taungya había sido ensayado en gran parte del África occidental. En Gambia, Costa de Marfil y Sierra Leona, el sistema taungya tuvo éxito con teca y *Senna siamea* (Anón. 1952n, Piolant 1952). En el antiguo Zaire, se usaron sólo dos clases de taungya (Collin 1952a). En las reservas estatales, se otorgaron a los campesinos parcelas de 5 ha ya preparadas para plantar. Los campesinos cultivaron bananos para la exportación con espaciamientos de 8 m x 12 m, y cuidaron de los árboles plantados por el departamento forestal. En los terrenos de las tribus, se permitió que la regeneración natural de las especies madereras surgiera entre los cultivos, con un espaciamiento amplio, cuyo promedio era de 20 m. En

Nigeria, se operan dos sistemas semejantes dependiendo de la propiedad del terreno. El tamaño de finca varía de 0,5 a 2,0 ha por familia (Olawoye 1975); allí, el sistema taungya se ha convertido en una fuente importante de alimentos y de empleo.

En las zonas secas del África, como el Sudán, el sistema taungya se ha practicado usando maíz durante un año intercalado con *Acacia arabica* (Jackson y Shawki 1950). Maíz, sorgo y pastos bajos también fueron establecidos junto con *Eucalyptus microtheca* en Sudán durante tres años, sin aparente detrimento al crecimiento del árbol. La altura promedio del árbol después de tres estaciones de crecimiento fue de más de 3 m (Khan 1966a). Donde el agua del subsuelo no era demasiado profunda, tuvo éxito intercalar *Azadirachta indica* (neem) con cultivos de millo y frijol. Cuando los árboles se plantan a espaciamientos de 2,4 m x 2,4 m, el dosel se cierra en tres años (Mackay 1952). En Paquistán, la práctica de intercalar *D. sissoo* con algodón resultó ser no sólo barata para el gobierno, sino que también produjo algodón de buena calidad después de 13 meses (Khan 1957).

La experiencia con el sistema taungya en África oriental (donde el sistema es conocido como *shamba*) demostró que en la segunda rotación los campesinos obtienen una cosecha menor que en bosque primario cosechado por primera vez (Anón. 1968d). Sin embargo, se consideró necesario repetir la práctica aún si eventualmente se debieran añadir nutrimentos.

En Trinidad, donde el sistema taungya ha sido practicado desde hace tiempo con teca, se han otorgado arrendamientos anuales para su cultivo. La práctica normal es cosechar cultivos alimenticios durante 1 a 3 años antes de abandonar (Fig. 8-4).

El sistema taungya ha sido usado con éxito en otras partes del neotrópico. En lo que hoy es Belice, se ha cultivado el maíz entre árboles jóvenes de caoba (*Swietenia macrophylla*) (Flinta 1960). En el sur de Brasil, se ha cosechado arroz y frijoles durante dos años en plantaciones de *Cunninghamia lanceolata*; y en Sao Paulo, arroz y algodón con eucaliptos. Un ensayo de sistema taungya a base de *Eucalyptus* y maíz en Brasil, demostró lo importante que es el espaciamiento (Cuadro 8-9). Tres hileras de maíz entre eucaliptos produjeron el valor más alto por unidad de terreno, pero debido a que los suelos eran pobres se consideró preferible usar sólo una hilera.



Fig. 8-4.— Una plantación exitosa de teca (*Tectona grandis*) bajo sistema taungya en Trinidad; el cultivo agrícola ya ha terminado y los árboles dominan.

En 1968, una encuesta a nivel mundial sobre el sistema taungya (King 1968a) registró que más del 60% de los departamentos forestales en los países tropicales tenían programas de plantación diseñados para ayudar a los campesinos. Se reportaron 79 especies madereras y 39 cultivos agrícolas. Los cultivos menos usados eran banano, maíz, caña de azúcar, tabaco y camote, generalmente porque producían una sombra excesiva, tenían un período de cosecha demasiado largo o tendían a trepar por los árboles. Según los informes, los rendimientos declinaban después del primer año porque para entonces se cerraban las copas de los árboles.

El sistema taungya ha sido de mucho éxito como forma de establecer plantaciones arbóreas en diferentes condiciones. En las zonas secas de lo que hoy es Myanmar, con 45 a 110 cm de precipitación anual, se establecieron bosques comunales usando sistemas taungya durante 2 o 3 años para proporcionar leña a partir de *Acacia* spp., *Albizia lebbek*, *Senna siamea*, *D. sissoo*, *M. azedarach*, *Prosopis* spp. y eucaliptos (Aung Din 1954). El sistema taungya ha sido usado con éxito para producir cuatro especies de madera para pulpa. Por su trabajo, los campesinos reciben incentivos tales como créditos y el privilegio de pastorear su ganado en zonas forestales. En Jari, Brasil, algunas de las plantaciones de madera para pulpa de *Gmelina* se establecieron mediante el sistema taungya.

Este sistema no está a prueba de problemas. En algunas zonas es difícil que los campesinos abandonen la parcela

Cuadro 8–9.—Rendimientos de *Eucalyptus* y maíz bajo sistema taungya en Brasil

Espaciamiento	Maíz (kg/ha)	Tamaño medio del árbol a los 18 meses	
		Dap (cm)	Altura total (m)
<i>E. alba</i> sola 1.5 x 3.0 m	0	5.3	7.0
<i>E. alba</i> separado por 1 hilera de maíz a 1.0 x 1.5 m	4,600	4.9	6.5
<i>E. alba</i> separado por 2 hileras de maíz a 1.0 x 1.0 m	5,400	4.0	5.9
<i>E. alba</i> separado por 3 hileras de maíz a 1.0 x 1.5 m	6,700	3.2	5.1

Fuente: Gurgel Filho 1962.

una vez que comienzan a labrarla (Civette 1953). En la India, los campesinos descuidan los árboles y luego reclaman el sitio para agricultura permanente (Banerji 1960). Donde hay abundancia de terrenos, hay poco interés en la práctica (Anón. 1952h, Cristovao Henriques 1952).

Tres factores se ve que incrementan la necesidad para el sistema taungya (Wyatt-Smith 1979): 1) la creciente población en el mundo en desarrollo; 2) el reconocimiento de que el desarrollo industrial no es la panacea; 3) la necesidad de detener la emigración hacia los centros urbanos mediante una mejora de la calidad de vida rural.

El desarrollo de la agroforestería

La agroforestería ha tenido muchas definiciones, a menudo contradictorias. Según la etimología, parece que el término se deriva de “agrosilvicultura” (Townshend 1952). King (1979a) definió a los “sistemas agrosilviculturales” como una mezcla de cultivos agrícolas y árboles; a los “sistemas silvopastorales” como una mezcla de cultivos forrajeros y árboles, y a los “sistemas agrosilvopastorales” como una mezcla de estos tres tipos de cultivos combinados en forma escalonada.

Wyatt-Smith (1979) considera que el término “sistema agroforestal” tiene un sentido general y abarca a la agrisilvicultura además de otros sistemas. Richards (1982) usó límites más estrechos para confinar al sistema agroforestal a prácticas en que los árboles se integran verticalmente con otros cultivos; es decir que uno de los cultivos sobrepasa al otro en altura. A los sistemas que se integran en forma horizontal, tales como las cortinas rompevientos, las llamó “forestería en fincas”(farm forestry). Esta distinción parece tener mérito.

La clasificación de los sistemas agroforestales y la experiencia acumulada en torno a los mismos se ha

compilado en una publicación llamada “Sistemas agroforestales en América Latina y el Caribe”, publicada por una oficina regional de la FAO (Anón. 1984e). Además, las actas de un taller de planificación efectuado en Kandy, Sri Lanka en 1984 presentan datos de punta sobre el uso y producción de árboles de propósitos múltiples en Asia, y descripciones de un sinnúmero de prácticas de aplicabilidad universal (Burley y Steward 1985).

Variables conceptuales. Mucho de lo que se dice sobre la agroforestería es meramente promocional. Por décadas han existido algunas técnicas para la cosecha del caucho, cacao y cultivos mixtos en tierras bajas de Indonesia, cuyos rasgos principales son la permanencia, las cosechas continuas y los árboles. Pero todavía no se ha desarrollado una tecnología para los cultivos anuales en grandes áreas de terrenos agotados y marginales en los trópicos.

El entusiasmo reciente por la agroforestería no significa que los forestales de los países tropicales han ignorado hasta ahora el bienestar de la población en zonas de bosques (Wyatt-Smith 1979). Su preocupación ha sido crear plantaciones forestales grandes y compactas con un manejo sostenido para beneficiar la economía del país entero y generar divisas.

Con la gran necesidad de reservar las buenas tierras para la agricultura, la forestería ha sido relegada a terrenos submarginales para la agricultura, gran parte de los cuales son pobres también para la producción maderera. Al mismo tiempo, aumenta la demanda por madera y leña. La única solución es aumentar la capacidad productiva por unidad de superficie mediante una mejor protección y reducir el período de producción de los nuevos cultivos mediante plantaciones (Wyatt-Smith 1979). Estas tendencias afectan profundamente a los departamentos forestales y a la profesión forestal.

Típicamente, la planificación forestal a escala nacional ha involucrado el establecimiento de objetivos en términos de las necesidades futuras de los que se han considerado los “principales” productos madereros: madera de aserrar, contrachapado, tablas de partículas y madera para pulpa y papel (Mackney 1968). Otros productos de madera en rollo y leña se consideran secundarios.

Algunos consideran que la agroforestería es un sistema capaz de quebrar la falsa dicotomía entre la agricultura y la técnica forestal (Adeyoju 1980). Los valores más extensos del desarrollo rural trascienden la producción convencional forestal, y por lo tanto, se deben incorporar en la capacitación de los profesionales forestales.

Una característica de la agroforestería, que la distingue de las demás actividades forestales, es su complejidad multidisciplinaria. Esta complejidad no resulta tanto de problemas técnicos, como en el caso de las plantaciones convencionales de árboles, sino del hecho de que las posibilidades de éxito o fracaso no están en las manos de los forestales. La agroforestería generalmente se practica en terrenos agrícolas donde los cultivos agrícolas eclipsan a los cultivos arbóreos, tanto en productividad como en importancia; además, es ejecutada por campesinos cuyo objetivo principal es producir cultivos agrícolas en vez de forestales. Por consiguiente, el forestal debe negociar como socio minorista con los agrónomos de la comunidad agrícola. Para hacerlo, él o ella debe aprender todo lo posible sobre la ciencia y práctica agrícola en la región, además de las tradiciones y motivaciones de los campesinos. Al fin de cuentas, el futuro de la agroforestería depende más de la aceptación y de los empeños efectivos de los agrónomos y los campesinos que de las convicciones de los forestales.

Todas estas facetas de la práctica agroforestal apuntan hacia un requisito preliminar y continuo: observación cuidadosa. La agroforestería es el trabajo de comunidades rurales en conjunto; no sólo una tarea para los profesionales. Los que la proponen deben estar involucrados con la comunidad y ser aceptados por ella. Deben llegar a saber cuáles son los motivos y las aspiraciones de la gente que vive en la comunidad.

Los árboles, si ya están en uso como parte de la agricultura en la región, pueden ofrecer un punto de partida significativo. Se deben considerar cuáles son las prácticas actuales en cuanto a la producción de cultivos

alimenticios y forraje, y se debe entender el papel que juegan los suelos, que quizás impongan límites sobre la capacidad de las fincas y de los cultivos arbóreos. Los patrones actuales estacionales de cultivos mixtos también se deben explorar, además del equilibrio entre el consumo directo y los cultivos para la venta. Quizás se pueda establecer un paralelismo a nivel local entre la agricultura comercial y la de subsistencia y entre la práctica agroforestal y la producción de madera comercial.

Ya sea que los árboles formen parte o no de la agricultura local, es probable que las prácticas agrícolas actuales estén profundamente arraigadas, generalmente por buenas razones. La principal de ellas quizás sea la seguridad; la certeza de contar con un rendimiento conocido. Donde la subsistencia es precaria, la seguridad es más atrayente que las promesas de que algo nuevo va a suceder. El significado de este postulado es que las nuevas prácticas se deben fundir con las tradicionales, para que no sustituyan meramente algo conocido por algo nuevo. Por lo tanto, el proceso mediante el cual se gana la aceptación de los campesinos por fuerza debe ser gradual.

Los sistemas agroforestales se pueden clasificar con base en sus funciones y la naturaleza y disposición de sus componentes (Nair, P.K.R. 1985). Sus funciones protectoras incluyen la conservación del suelo, la conservación de la humedad, la mejora del suelo y el mantenimiento de la sombra y de rompevientos. Pueden producir alimentos, forraje, madera y otros productos (Fig. 8-5). Sus componentes pueden ser cultivos y árboles; pastizales y árboles; cultivos, pastizales y árboles; u otras combinaciones, incluyendo acuicultura y apicultura con árboles.

Los principales sistemas agroforestales del neotrópico se presentan a continuación (Anón. 1984c):

1. Sistemas secuenciales
 - A. Cultivos migratorios
 - B. Sistema taungya
2. Sistemas simultáneamente asociados
 - A. Árboles y cultivos
 - a. Café, cacao, té
 - b. Árboles sobre cultivos anuales
 - c. Árboles que sostienen cultivos trepadores
 - d. Huertos sobre cultivos de legumbres
 - e. Cultivos perennes mixtos



Fig. 8-5.— *Un cultivo secundario importante son los anthuriums para la exportación, los cuales se producen bajo el bosque montano bajo húmedo de la Isla de Dominica*

- B. Árboles y cultivos forrajeros
 - a. Árboles en pasturas
 - b. Bosques naturales pastoreados
 - c. Árboles forrajeros
- 3. Sistemas de árboles adyacentes
 - A. Aclareos por franjas
 - B. Cercos vivos

Los detalles de estos sistemas en uso en la región se presentan en la publicación “Sistemas Agroforestales” (Anón. 1984e).

Posibilidades y limitaciones. Las prácticas agrícolas actuales en los trópicos varían, algunas veces inexplicablemente, de un lugar a otro. Esta variación puede deberse a que los campesinos no se comunican entre sí, pero también a que los ambientes de una región suelen ser muy distintos y presentan distintos climas, suelos y hasta mercados. De modo que no se puede suponer simplemente que las distintas prácticas se basan en la ignorancia y que por lo tanto se pueden superar, informando a los campesinos de las mejores prácticas que se usan en otras partes. Primero, los forestales deben asegurarse que las diferencias no son el resultado de largos períodos de pruebas y ensayos que desembocan en la adopción de ciertas prácticas bien adaptadas a la región. En caso opuesto, las nuevas prácticas deben coexistir con las tradicionales en vez de reemplazarlas, al menos por un tiempo.

Las mezclas complejas y tradicionales de cultivos agrícolas en los trópicos son un blanco tentador para la simplificación, pero esta tentación se debe resistir, al menos hasta que tales sistemas de cultivo sean bien entendidos. Las mezclas generalmente incluyen plantas cuya compatibilidad ha sido comprobada a través del tiempo y la experiencia. Sus ciclos de crecimiento o los momentos oportunos de cosecha a veces pueden ser asíncronos, y por lo tanto complementarios. Su disposición y representación en el esquema de cultivos puede ser óptimo. Las alturas de los doseles y su capacidad para interceptar la luz quizás minimicen la competencia. Sus exigencias individuales de agua pueden congeniar de manera temporal. Pueden también ser complementarios en cuanto a las tareas de cosecha. Pueden proporcionar un equilibrio necesario entre los cultivos comerciales y los de subsistencia. Sus productos quizás proporcionen la diversidad necesaria para la seguridad o el equilibrio nutritivo. Su poco peso puede facilitar el mercadeo en zonas donde los árboles son difíciles de transportar. Cualquier cambio drástico por lo tanto, puede destruir algunas o todas estas características complementarias, que quizás sean esenciales (o al menos, no negociables al principio), para los campesinos.

Ya que las prácticas agroforestales se aplican a los productos madereros y a sus beneficios, se deben considerar desde el punto de vista de las necesidades de la nación entera y como posible complemento de la producción de madera concentrada en otras partes no relacionadas con la agricultura. Estas zonas normalmente serían la fuente primaria de madera industrial para las poblaciones urbanas o para la exportación, ya que para un flujo sostenido de productos forestales se requiere un control centralizado y economías de escala para apoyar a las industrias procesadoras y competir en los mercados libres. El sistema agroforestal es por naturaleza una actividad muy dispersa que ocupa superficies relativamente pequeñas, pertenecientes a distintos propietarios. Por consiguiente, se adapta mal para cumplir con estándares de calidad uniforme y flujo requerido en los principales mercados madereros a escala nacional. En vez, su potencial es para abastecer de madera a las comunidades rurales, y posiblemente a algunos mercados especializados como las artesanías, madera rolliza y leña. Por consiguiente, las prácticas agroforestales se deben centrar primero en abastecer las necesidades de las comunidades rurales.

La eficacia con que la sucesión del bosque secundario acumula fitomasa sugiere que el cultivo forestal se asemeja a este proceso (Holdridge 1959). Estudios en Costa Rica demuestran que los huertos caseros alrededor de los hogares se asemejan al bosque en el hecho de ser diversos y relativamente permanentes. La agricultura de cultivo mixto a mayor escala, capaz de mantener un reciclaje de nutrimentos adecuado sin fertilizantes, puede incluir un estrato superior de *Cordia* y palma pejibaye (*Gulielma gasipaes*), un sotobosque de cacao y cobertura herbácea. Durante su establecimiento, se pueden usar cultivos de arroz, maíz, yuca y bananos. Un ciclo completo estaría compuesto de 30 parcelas de 0,1 ha cada una, estableciéndose una por año, además de 0,6 ha para la casa, jardín, árboles frutales y pastizal (Holdridge 1959).

Un enfoque usado en el Brasil se centró también en la retención de nutrimentos, simulando la sucesión natural (Uhl y Murphy 1981). El sistema comienza con ciperáceas, pastos, especies leñosas de sucesión, lianas y árboles forestales de especies de valor económico. Entre las prácticas de establecimiento se incluyen adición de hojarasca seca, introducción de especies leguminosas (especialmente variedades mejoradas) y la aplicación de cal. Hasta qué punto un sistema así puede soportar cosechas intensivas, queda por verse.

Burley (1980b) concluyó que el mejoramiento genético de árboles para la agroforestería debe comenzar ahora y que el empeño debe ser de alcance internacional. Sin embargo, los genetistas indican que la variedad de usos en sistemas agroforestales complica todo intento de mejorar la calidad de los árboles. Este proceso difiere del mejoramiento genético de los árboles para plantaciones de madera industrial en cuatro aspectos principales:

- Las pruebas genéticas para propósitos agroforestales deben incluir a los cultivos agrícolas asociados, además de los tratamientos de manejo.
- La ponderación de las características debe reflejar una extensa variedad de usos del árbol.
- Los campesinos normalmente no efectúan trabajos genéticos; por lo tanto se necesitará un trabajo de extensión para diseminar los resultados.
- El muestreo y los ensayos se complican con el desarrollo de razas que ya pueden haber ocurrido en muchas especies.

El entusiasmo por lo que aparentemente promete el sistema agroforestal no debe conducirnos a repetir a ciegas los empeños del pasado, que pretendían desarrollar la agricultura en todas partes (Sholto Douglas 1968). Muchas zonas forestales permanecen dentro de regiones agrícolas, en sitios en que la producción de los árboles por sí sola, al servicio de la población rural, es más apropiada que el cultivo intercalado de árboles y otros cultivos. Ejemplos de esto son los terrenos baldíos al borde de carreteras, canales, parques y bosques comunales (Randhawa 1946). Además, aún donde el cultivo intercalado pareciera apropiado porque la agricultura no ha tenido éxito, han de persistir variaciones en cuanto a la productividad. Por consiguiente, las zonas más favorables deberían recibir la mayor atención, las menos favorables se deberían dejar en barbecho o bajo cobertura boscosa hasta que se hallan desarrollado bien los mejores sitios. En otras palabras, todavía se necesita un manejo separado de la mayoría de los terrenos mejor adaptados, dedicándolos a la agricultura o a las prácticas forestales, en vez de suponer que es necesario que se mezclen los dos sistemas en todas partes (Holdridge 1959).

Es indudable que cuando se añaden árboles a los cultivos agrícolas, se mejora la estabilidad de la agricultura en las regiones tropicales. Sin embargo, la permanencia de la combinación como fuente de alimentos para la subsistencia o para la venta, sin añadir fertilizantes, todavía queda por comprobar. Pero aún si el sistema no suministra todos los nutrimentos necesarios, quizás pueda alcanzar la autosuficiencia, por lo que se necesitarían sólo aplicaciones mínimas de fertilizantes.

Una revisión de la literatura revela que las posibilidades y limitaciones de la agroforestería son poco conocidas por falta de información confiable (Alvim 1981). La comunidad científica considera que la agroforestería no está suficientemente documentada para que su aplicación técnica sea factible en forma inmediata y extensa (Gleissman 1981a). Esta opinión se debe, en parte, a que en general no se acepta la idea de que la evaluación de los rendimientos se debe efectuar a largo plazo y sobre una base diversificada.

Un uso más generalizado de la agroforestería en los trópicos requerirá mucho más que la aceptación técnica. Aún en una sociedad tan educada y desarrollada como la de Dinamarca, el desarrollo de pequeñas parcelas forestales, de propiedad privada, ha requerido el uso de subvenciones gubernamentales

(Frolund 1962). Aparentemente, tales incentivos serán necesarios por mucho tiempo todavía.

Beneficios futuros de la agroforestería. El éxito de la agroforestería implica beneficios sociales y económicos. En la India (Sangal 1981), se emplearon técnicas agroforestales para producir leña y madera pequeña fuera de los bosques, reduciendo así la presión de la población rural sobre los bosques, necesarios para producir madera industrial. Otros posibles beneficios incluyen la reducción de la agricultura migratoria, el establecimiento de agricultura productiva en terrenos abandonados y generación de empleo.

Un cambio hacia cultivos perennes dentro del sistema agroforestal puede de por sí aumentar los rendimientos. Por ejemplo, una plantación de 12 años de palma aceitera puede producir 4 toneladas de aceite por hectárea al año, un rendimiento que ningún cultivo anual puede lograr, por más largo que sea el período (Best 1962). También, los árboles de raíces profundas, cuya hojarasca beneficia a los cultivos intercalados de raíces superficiales, sirven para bombear nutrientes de mayores profundidades. Las raíces de *Erythrina glauca* en Surinam pueden ser tres veces más profundas que las raíces del café o del cacao (Stahel 1949).

El intercalado de cultivos es beneficioso por otras razones que la mera diversificación. Los estudios en el antiguo Zaire (Sparnaay 1957) indicaron que el intercalado de cultivos permite un desarrollo inicial vigoroso de la palma aceitera. El cultivo múltiple tampoco es necesariamente dañino para los cultivos de sombra. En Bangladesh se considera que una sombra del 50% es ideal para el té (Skoupy y Vaclav 1976). En las Islas Solomón, los beneficios de la sombra de árboles en los cultivos se aceptan como compensatorios del espacio que ocupan y su susceptibilidad al daño causado por las tormentas (Yen 1974). En Malasia, durante un período de 63 semanas se midió el rendimiento del pasto *Axonopus compressus*, el cual produjo 21,3 t/ha/año sin sombra y 25,4 t/ha/año con sombra proporcionada por *Samanea saman* (Jagoe 1949). Los sitios a la sombra produjeron pastos con un porcentaje de proteína de 9,6 a 11,7%, en comparación con 9,1 a 10,4% de los pastos sin sombra.

Donde no se usan fertilizantes, los rendimientos del café son típicamente más altos a la sombra que sin ella (Ostendorf 1962). El argumento de que la presencia de los árboles reduce la humedad del suelo es dudoso. En

las regiones áridas del África occidental, se notaron varios beneficios producidos por la sombra de *Acacia albida* en los cultivos asociados, incluso un aumento de la humedad relativa, una reducción de los extremos de temperatura, un aumento de la absorción de la humedad durante las lluvias y mejor conservación de la humedad del suelo después (Dancette y Poulain 1969).

Los beneficios de la hojarasca de los árboles en los cultivos asociados se han demostrado bajo muchas condiciones. En África occidental, la producción de la palma aceitera aumentó un 8% con el plantado de un sotobosque de café, atribuyéndose tal beneficio a la hojarasca (Sparnaay 1957). Dentro de las plantaciones de palma, el suelo era más productivo cerca de las plantas (Kang y Moorman 1977); al aumentar la distancia entre 0,25 y 4,00 m, los primeros 30 cm del suelo tenían un contenido de humedad reducido y una mayor densidad por unidad de volumen. El C orgánico, el N total y el P, K, Ca y Mg extraíbles decrecieron al menos en 50%. El efecto no pudo ser revertido aún con la aplicación de NPK. Después que las palmas se eliminaron, un cultivo posterior de maíz mostró haber recibido beneficios significativos de las palmas, como lo determinó un análisis del contenido de N, P, K, Ca, Mg y Mn (manganeso) de las hojas.

La hojarasca producida por las especies leguminosas quizás sea más rica en nutrientes que la hojarasca de especies no leguminosas, aún cuando las hojas se caen naturalmente y no debido a una poda. En lo que hoy es Malasia, la sombra de especies leguminosas produjeron pastos con un contenido de proteína de 13,8 a 14,8%, en comparación con los pastos producidos bajo no leguminosas, que arrojaron porcentajes de 9,6 a 11,7% (Jagoe 1949). La sombra para las plantaciones de té en Bangladesh generalmente es proporcionada por leguminosas como *Albizia* spp., *Gliricidia sepium* y *Senna siamea* (Skoupy y Vaclav 1976); la sombra en cafetales en la América tropical también típicamente proviene de especies leguminosas.

Las cosechas de alimentos se pueden extender de 8 a 10 años bajo ciertas condiciones si se incluye una vez cada dos años un cultivo leguminoso de abono verde (Newton 1960). Dos cultivos de leguminosas pueden aumentar el rendimiento del cultivo alimenticio posterior; sin embargo, eso no prueba que las leguminosas sean más económicas que el barbecho natural. El valor como barbecho de las leguminosas en comparación con las no leguminosas merece ser comprobado.

Pruebas efectuadas en la India (Ranganathan y Ghatnekar 1984) ilustran el potencial de la agroforestería en una región que recibe casi 200 cm de precipitación por año entre junio y setiembre, pero con una irrigación complementaria de 1,5 a 2 L por árbol una vez al mes desde octubre a mayo. *Leucaena* (variedad K8) espaciada a 1 m x 1 m rindió 23 t/ha/año en 33 meses. A un espaciamiento de 2 m x 2 m, el rendimiento fue de 12 t/ha/año. Comparaciones entre plantaciones mixtas y monocultivos no demostraron una superioridad evidente; de hecho, un monocultivo de *Eucalyptus* rindió casi 36 m³/ha/año después de 33 meses, en comparación con 27 m³/ha/año en una plantación mixta de cinco especies.

El cultivo intensivo en la India también demostró ser prometedor. Plantaciones sin irrigación de *Leucaena* K8, espaciadas a 0,3 m x 0,3 m y cortadas de 8 a 9 veces en 12 meses, rindieron 13 t/ha/año, un valor de 2,9 veces el costo. La irrigación foliar con 3,5 L de agua por árbol todas las semanas entre octubre y mayo aumentó el rendimiento a 23 t/ha/año, sin cambiar el valor que siguió siendo 2,9 veces el costo.

Según algunas definiciones, el dosel protector de árboles (shelterbelt) en los bordes de tierras de cultivo no son parte estricta de la agroforestería porque su integración con los cultivos es horizontal en vez de vertical. Sin embargo, unos pocos principios parecen apropiados. En las zonas templadas, es más posible obtener ganancias óptimas de los aclarados sucesivos en franjas estrechas (Stoeckeler 1965).

Para un beneficio máximo, las franjas se deben orientar en forma perpendicular a los vientos más dañinos. Hileras solas no sobreviven bien en zonas secas, así que se recomiendan cortinas de hasta cinco hileras. La distancia entre las cortinas puede variar de 5 a 25 veces la altura del árbol, dependiendo de la topografía y de la velocidad del viento. Las especies seleccionadas de árboles deben estar bien adaptadas, ser efectivas como cortinas rompivientos, resistentes al viento y a las rupturas, libres de enfermedades, de crecimiento rápido, de vida larga y fáciles de establecer (Stoeckeler 1965).

El valor de empleo de la agroforestería es significativo. El establecimiento de una nueva plantación de palma aceitera en Benin mostró que la palma intercalada con cultivos alimenticios durante los primeros cuatro años podía aumentar el número de empleos durante el período de 390 a 1455 días, en comparación con la cobertura natural mantenida regularmente (Sparnaay 1957).

El valor en términos de empleo de varios cultivos forestales es favorable en relación con otros cultivos agrícolas. En las Islas Andamán, plantaciones de caucho que abarcan 7400 ha han creado 6000 empleos y 1200 empleos en plantaciones de palma aceitera de 2400 ha (Singh, B. 1973).

Desventajas de los cultivos mixtos. Las combinaciones de cultivos pueden ser beneficiosas bajo ciertas circunstancias, pero también existen importantes limitaciones. Rara vez es posible mantener condiciones óptimas para dos distintos cultivos en un mismo terreno (Sparnaay 1957). Una combinación de caucho y café robusta bajó los rendimientos de ambos cultivos y su manejo fue más costoso, porque ninguno de los dos cultivos crecía en condiciones óptimas. Ya que el caucho es el que domina económicamente, es el que generalmente determina la idoneidad del segundo cultivo. Según Allen (1955) las combinaciones de cultivos tienen las siguientes limitaciones:

1. El segundo cultivo no debe ser tan alto como el cultivo principal, y los sistemas de raíces deben explotar distintos horizontes del suelo.
2. El segundo cultivo debe ser tolerante a la sombra parcial.
3. El segundo cultivo no debe ser más susceptible que el cultivo principal a las enfermedades que ambos tienen en común.
4. La cosecha del segundo cultivo no debe dañar ni al cultivo principal ni al suelo.
5. La vida económica del segundo cultivo no debe ser más larga que la del cultivo principal.

La mayoría de las combinaciones de cultivos perennes con palma aceitera presentan problemas (Sparnaay 1957). El cacao, por ejemplo, requiere una cantidad cada vez mayor de luz, mientras que las palmas aumentan cada vez más su sombra. Pruebas en el antiguo Zaire con café a varios espaciamientos demostraron que no había ninguna combinación que se justificara económicamente. Era necesario podar las palmas o librarse del café demasiado pronto después de haberlo plantado.

La sombra sobre el cacao intercepta el agua de lluvia, reduce la radiación solar, rebaja la temperatura, aumenta

las combinaciones de coco o palma aceitera con pastos de forraje favorecen a ambos cultivos. En las regiones no forestadas del norte de Argentina se necesitan 2,5 ha de plantaciones de árboles por cada 1000 cabezas de ganado para proporcionarles protección contra el viento y las tormentas (Flinta 1960).

En Costa Rica se determinaron los valores del forraje bajo rodales abiertos de *C. alliodora*, *E. poeppigiana*, *Gliricidia sepium* y *S. saman* (Daccarett y Blydenstein 1968). La materia seca producida por árboles de siete años no fue menor que en praderas sin sombra, pero sí fue menor el porcentaje de fibra. Bajo las tres leguminosas, el N en las capas superiores del suelo era levemente mayor que bajo *C. alliodora*, o en sitios sin sombra. El contenido de proteína de los pastos era mucho mayor bajo las leguminosas.

Se lograron aumentos del peso animal de 0,25 kg/d en zonas mixtas de praderas y *Pinus caribaea*, con una densidad de un animal por hectárea aún durante una sequía severa en México. Los árboles se habían raleado severamente de 1330 árboles por hectárea a los seis años a 740 árboles por ha y luego a 500 árboles por ha a los nueve años (Gregor 1973). El pastoreo bajo los pinos también redujo el riesgo de incendios.

Una combinación de raleos severos de *P. radiata* y pastoreo de ovejas en Nueva Zelandia creó menos conflicto con las prácticas de cultivo tradicionales que las plantaciones puras forestales (Knowles 1972). No se permitió el paso de los animales hasta que los árboles alcanzaron una altura de 3 m; donde fue necesario se usaron herbicidas para el control de las malezas. A los cuatro años, los árboles se ralearon a 500 por ha y se podaron a 2 m de altura; cuando tenían 10 m, se aplicó un raleo final dejando 200 árboles por ha. Cuando las alturas alcanzaron 14 m, se volvió a podar a 8,5 m. La rotación de los árboles se redujo de 35 a 25 años.

Leucaena leucocephala es una de las especies más prometedoras para la agroforestería porque las variedades más vigorosas combinan un crecimiento rápido de la madera con un follaje valioso como forraje. Un estudio en la India (Mohatkar y Relwani 1985) demuestra el efecto combinado de producir forraje y madera. Durante un período de tres años, los árboles se podaron a una altura de 120 cm una o dos veces al año (Cuadro 8-11). Aparentemente aún los espaciamientos más estrechos no lograron disminuir los rendimientos del forraje.

Un producto agrícola que todavía no se ha desarrollado en los bosques tropicales es la miel. En los bosques pluviales de las tierras bajas ecuatoriales, hay tanto néctar que las abejas nativas no tienen el instinto de almacenar, pero donde el clima es estacional las abejas europeas producen bien (Smith 1960). El flujo de la miel es máximo durante la estación fría o seca. Unos pocos árboles melíferos que se han adaptado en sistemas agroforestales son: *Albizia* spp., *Anacardium* spp., *Azadirachta indica*, *Cocos nucifera*, *Coffea arabica*, *D. sissoo*, *Eucalyptus* spp., *Eugenia* spp., *Grevillea robusta*, *Mangifera indica*, *Melicocca bijuga*, *Moringa oleifera*, *Musa* spp., *Persea* spp., *Prosopis* spp., *Psidium* spp., *Roystonea* spp., *Syzygium jambos*, *Tamarindus indica* y *Toona ciliata*.

Se han propuesto planes agroforestales para incorporar cultivos aparentemente compatibles, con el fin de favorecer la subsistencia. En Brasil, se han recomendado tres sistemas que involucran distintas regiones terrestres (Bishop 1978). En una zona de 2 ha, ocho secciones de 0,25 ha cada una se plantaron con cultivos de huerta durante 2 a 3 años, seguido por un barbecho de 5 a 6 años, con aves de corral sueltas y pastos leguminosos, bajo árboles de especies leguminosas para leña. Un segundo plan involucró ocho parcelas de 1 ha cada una, también con un ciclo de ocho años. La única diferencia fue que se usaron cerdos en las zonas de pastoreo bajo barbecho en vez de aves de corral (Bishop 1978). Un tercer plan requirió 40 ha, con 20 divisiones de 2 ha cada una y un ciclo de al menos 20 años. Se produjo maíz durante el tiempo en que se establecían los árboles, después de lo cual, el ganado pastoreó bajo los árboles madereros, frutales o productores de nueces durante 19 años.

Un plan para combinar zonas de pastoreo con la producción de árboles en la Amazonia brasileña se basó

Cuadro 8-11.—Producción de madera y forraje de *Leucaena leucocephala* en la India

Densidad (no./ha)	Rendimiento a 3 años (t/ha)	
	Leña seca	Forraje verde
5,000	44.4	39.1
10,000	44.6	46.1
20,000	53.0	53.7

Fuente: Mohatkar y Relwani 1985.

la humedad y reduce la velocidad del viento (Hardy 1962b). El efecto neto es una reducción en la tasa de transpiración del cacao que afecta en forma adversa la nutrición mineral y, por consiguiente, los rendimientos.

En climas secos, la competencia entre cultivos por el agua puede causar daños. Esto se ilustra con los efectos del anillamiento selectivo de árboles en espaciamientos amplios en los bosques de miombo del África (Ward y Cleghorn 1964), donde se logró un aumento en el rendimiento de pastos para forraje de 355 a 1460 kg/ha durante los siguientes cuatro años.

Una característica de muchos cultivos es producir rendimientos reducidos bajo sombra. Por ejemplo, aunque el 50% de la sombra se considera favorable para el té en Bangladesh (Skoupy y Vaclav 1976), en África oriental el rendimiento disminuye entre 10 y 15% bajo sombra del 20 a 90%, a distancias de hasta 12 m de los árboles que arrojan sombra (McCulloch y Pereira 1965). Una disminución en los rendimientos del cacao en las proximidades de *Terminalia ivorensis* se demostró en Ghana (Cuadro 8-10). Las diferencias altamente significativas en las cantidades de frutos producidos por el cacao se atribuyeron a la distancia entre este y los árboles de sombra. La explicación más probable es la cantidad de luz, ya que la humedad era abundante y quizás haya sido máxima cerca de los árboles de sombra (Bonaparte 1967).

Combinación de cultivos. A pesar de lo incompleta que la información pueda ser, muchos ejemplos de cultivos intercalados parecen tener éxito, al menos temporalmente. Una de las combinaciones más exitosas usa el caucho como cultivo principal. En lo que hoy es Malasia, los árboles plantados en hileras a distancias de 20 m, e intercalados con cultivos alimenticios bien

abonados proporcionaron un ambiente apropiado para ambos cultivos (Allen 1955). Esta configuración aumentó la eficacia de la mano de obra, permitiendo que se pudiera replantar. Entre los cultivos recomendados se encuentran el café, cacao, banano, té, palma aceitera, la balsa en rotación de seis años y rebrotes de *Gmelina arborea* en tocones de ocho años.

El café ha crecido bajo la sombra durante siglos. Aunque con manejo intensivo, es posible lograr una producción mayor sin sombra, pero se espera que el uso de la sombra ha de continuar. Los árboles de sombra son generalmente de menor valor que el café y típicamente se trata de leguminosas, como *Erythrina*, *Inga* o *Senna*, que se usan principalmente como leña. La selección de tales árboles por sus copas amplias indica una falta de énfasis en la producción maderera (García Gutiérrez 1976, Uribe Uribe 1945). Otros indicadores de que la madera es de poca importancia en comparación con el café se han encontrado en Uganda, donde los campesinos rechazaron las especies caducifolias y los géneros “excesivamente competitivos”, tales como *Casuarina*, *Cedrela*, *Eucalyptus* y *Senna* (Thomas 1940).

La posibilidad de producir madera en combinación con el café se reconoció en Costa Rica, donde las especies recomendadas fueron *Cordia alliodora*, *Enterolobium cyclocarpum* y *Samanea saman* (Budowski 1959). En la India, *Grevillea robusta* se ha considerado una buena especie asociada, a pesar de sus problemas con los insectos y las enfermedades y de su reputación de secar el suelo (Rao 1961).

El cacao, como el café, generalmente se produce bajo sombra. Especies tales como *Erythrina* se usan comúnmente y producen beneficios evidentes al cacao en Costa Rica (Zevallos y Alvim 1967). Se descubrió que el cacao era mucho más productivo cuando crecía cerca de *Erythrina* (2,5 m) que cuando crecía mucho más lejos de ella (8,4 m). Sin embargo, tal mejora no fue causada por la sombra, sino porque el suelo cerca de *Erythrina* es más rico en minerales y que la capa superficial hasta los 30 cm es más húmeda.

Aunque el forraje quizás no constituya un “cultivo” en el mismo sentido, el pastoreo es importante en un sistema agroforestal. Cuando se combinan los árboles con el pastoreo es posible favorecer al pasto solamente, o al pasto y los árboles. Árboles leguminosos de copas amplias favorecen a los pastos solamente, mientras que

Cuadro 8-10.—Efectos de la sombra de <i>Terminalia ivorensis</i> sobre el rendimiento de cacao en Ghana			
Distancia al árbol de sombra (m)	Luz solar (%)	No. de frutos por árbol	
		Total	Sanos
2.2	38	37	25
4.8	52	44	31
6.5	62	51	36
Fuente: Bonaparte 1967.			

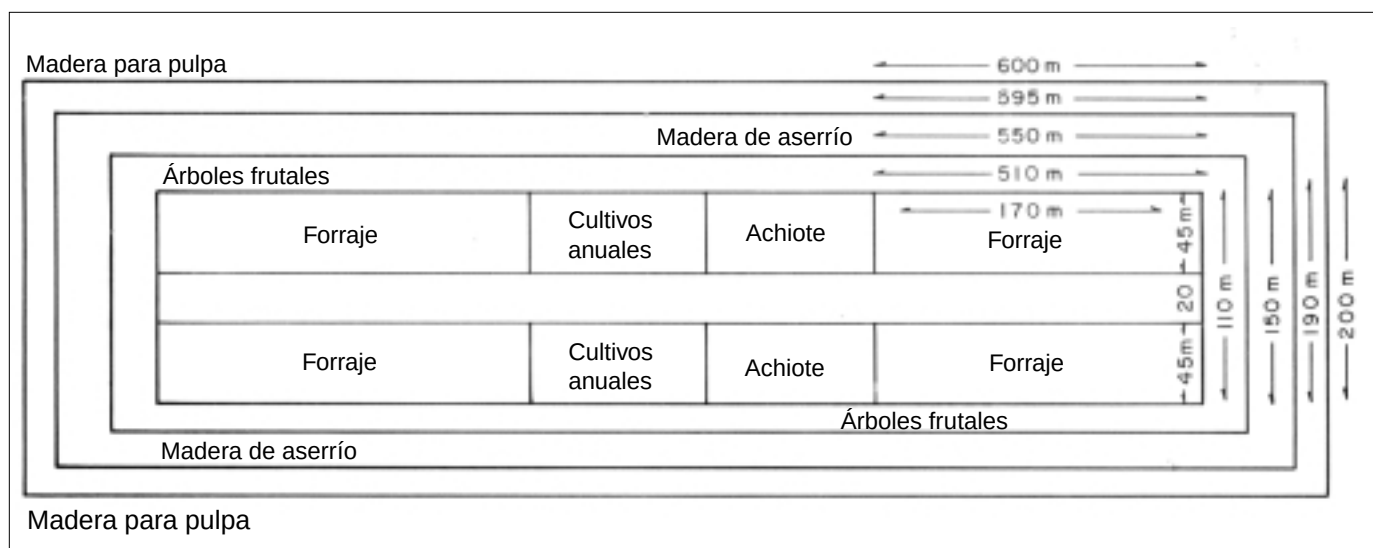


Fig. 8-6.—Plan agroforestal de uso múltiple para 12 ha en el sur de México (Chavelas Pólito 1980)

en el supuesto de que una plantación de árboles muy espaciada -que comenzó con 750 árboles por hectárea y fue raleada hasta 150 a 200 árboles por ha entre los 13 y 15 años- permitió el desarrollo de un buen campo de pastoreo (Kirby 1976). La propuesta supone que una cría temprana de carne vacuna y un control adecuado de la intensidad del pastoreo pueden evitar el deterioro del sitio. Esta combinación usa mano de obra más intensivamente que cada cultivo por separado. Parece que todavía no se ha registrado la necesidad de mayores nutrientes.

En Quintana Roo, México se desarrolló un modelo agroforestal de 12 ha (Chavelas Pólito 1980). El diseño consistió de cuatro rectángulos concéntricos (Fig. 8-6), con una franja exterior de 5 m de ancho donde se plantaron casi 0,8 ha de árboles para la producción de pulpa y madera de encharpar (*Gmelina arborea* y *Pseudobombax ellipticum*) y una especie apta para la construcción (*Colubrina arborescens*). La franja siguiente, de 20 m de ancho y una superficie de casi 3 ha, contenía una variedad de árboles frutales y pastos de forraje. En el centro, se estableció un rectángulo de 110 por 510 m dividido por una franja central de 10 m de ancho plantada con palmas de coco (*Cocos nucifera*). La superficie restante se subdividió en seis parcelas de 0,85 ha; cuatro se usaron para cultivar forraje y dos para cultivar una mezcla de cultivos anuales y bienales. El ensayo no tuvo éxito porque se efectuó cerca de un mercado urbano de cultivos para la venta.

Otro plan propuso la creación de "fincas de biomasa arbórea" en zonas áridas mediante la siembra de especies fijadoras de N de raíces profundas, tales como *Acacia*, *Leucaena* y *Prosopis* (Felker 1981). Los árboles se intercalaron con cultivos alimenticios de uso general, como maíz, sorgo y maní, con irrigación por un tiempo. En zonas de al menos 25 cm de precipitación anual, el sistema prospera si la napa freática está a no más de 10 m de profundidad. Se necesitan aplicaciones de fertilizante a base de fosfato y micronutrientes, y una inoculación de rizobios para que las plantas puedan fijar el N.

Muchos de los datos presentados en este capítulo son de carácter conceptual. Hay escasez de información sobre resultados de prácticas reales, aunque recientemente mucho se ha escrito sobre el tema. Vergara (1985) indicó que la base de datos sobre agroforestería es extremadamente débil y advierte que datos incorrectos podrían conducir a que se rechazaran los resultados si no llenaran las expectativas de los campesinos. Groenendijk (1988) ve una tendencia general a sobreestimar el potencial del sistema agroforestal; según él, los conocimientos sobre las interacciones entre árboles y cultivos todavía son limitados.

Scherr *et al.* (1989) también notaron una falta de "datos comprobados" en materia agroforestal, y mencionaron la ausencia de estudios reales en fincas existentes y de información económica.

A estas palabras de advertencia no les falta fundamento. El entusiasmo por la agroforestería ha sobrepasado todos los límites y excede todas las bases científicas disponibles. El riesgo es que los funcionarios que toman decisiones pueden apoyarse en información sin fundamento para

aumentar la presión sobre terrenos marginales. No cabe duda de que la integración de los árboles con la agricultura tradicional en los trópicos es muy prometedora. Este objetivo se puede lograr, sin embargo, sólo con la investigación que sustente las nuevas propuestas.

Capítulo 9

Investigación Forestal

La investigación probablemente siempre será un requisito importante de la forestería tropical. No es sólo la complejidad de los bosques y sus ambientes lo que nos atañe, sino que además sus reacciones a las interacciones no son ni fáciles de ver ni inmediatas. El manejador del bosque no debe pensar que sólo los científicos se dedican a la investigación. La solución a muchos problemas de manejo forestal ha surgido a raíz de observaciones e interpretaciones ingeniosas de empleados que no se consideran “científicos”. Además de esto, sin embargo, quien maneja el bosque debe reconocer que cuanto mayor sea el impacto de las operaciones forestales, tanto más profundos deberían ser los estudios simultáneos de las consecuencias, como guía para las mejoras futuras.

Las investigaciones se pueden definir como un examen sistemático de los fenómenos con el propósito de determinar los hechos. Algunos conocimientos críticos para la ciencia forestal tropical son difíciles de alcanzar debido a la naturaleza compleja e invisible de muchas de las fuerzas involucradas. Además, en muchas zonas tropicales la investigación forestal recién ha comenzado porque hasta ahora es evidente la necesidad de hacer algo más que simplemente recoger los frutos que ofrecen los bosques ya existentes.

Historia de la investigación forestal tropical

En el sentido más amplio, la investigación forestal en los trópicos comenzó con la misma práctica forestal, ya que las pruebas con cualquier nueva práctica constituyen una investigación rudimentaria. Algunos de los trabajos iniciales eran esencialmente botánicos y descriptivos; así, se reconocieron extensas clases de bosques, e identificaron y clasificaron las especies de árboles según sus usos tradicionales. Las etapas iniciales de esa recolección de conocimientos fue compilada por Schimper (1903), en su monumental trabajo descriptivo sobre la geografía de las plantas, el cual se cita reiteradamente en el Capítulo 2.

Desde principios del siglo XX se registraron estudios sobre maderas tropicales en la Península de Malasia (Ridley 1901), a los que siguieron otros informes más detallados (Foxworthy 1909, 1921). Las maderas de la India se describieron extensamente por primera vez en 1902 (Gamble 1902).

Las investigaciones oficiales e institucionales no se desarrollaron sino hasta mucho más tarde. El Instituto de Investigación Forestal en Dehra Dun, India, se estableció

en 1906 (Hart 1922). Cuatro años más tarde, se dio comienzo a un programa de medición de parcelas de muestreo, que en 1956 comprendía 1762 parcelas con observaciones de más de 100 especies arbóreas (Mathauda 1956). En 1931, se publicó un “Manual Experimental” para la India (Nair 1952); además, en 1960 ya se habían iniciado extensos programas de investigación en varios estados de la India. En Mysore, las líneas de investigación incluían prácticas de vivero, plantación, taungya, comparación de semillas de teca (*Tectona grandis*) según origen, aplicación de abonos y control de termitas (Krishnaswamy 1960). En Madhya Pradesh, la investigación buscaba la rehabilitación de bosques que anteriormente eran de propiedad privada, regeneración natural de la teca, raleo y tasas de crecimiento de los árboles dentro del bosque (Mujumdar 1960b).

En lo que hoy es Malasia, la investigación forestal formal comenzó en 1918, 17 años después de haber sido nombrado el primer oficial forestal (Menon 1976). El Instituto de Investigación Forestal de Malasia en Kepong ha existido desde 1929; fuente de gran parte de la silvicultura de bosques dipterocarpáceos, esta institución es una de las más grandes de su tipo en el mundo (Anón. 1988a). En 1987, el Instituto tenía un personal profesional y subprofesional de más de 100 personas, el mejor arboreto de especies dipterocarpáceas en el mundo y un herbario con más de 100 000 muestras. Las filiales de este Instituto se dedican a la silvicultura del bosque natural, plantaciones, biología, protección forestal y productos forestales.

En Filipinas, un estudio del manejo de *Leucaena leucocephala* publicado en 1914, el cual es todavía notablemente válido (Matthews 1914), evidencia la investigación de vieja data. En Nigeria, se ensayó con plantaciones por primera vez en 1907, y en 1943 se creó la Sección de Investigación del Departamento Forestal (Rosevear y Lancaster 1952). En lo que hoy es Sri Lanka, los registros fenológicos en los diarios de los oficiales forestales marcan el comienzo de las investigaciones en 1937 (Holmes 1956). Estos registros se sistematizaron más tarde para abarcar 2000 árboles de 125 especies en 40 parcelas visitadas mensualmente durante cinco años.

En el hemisferio occidental, las investigaciones forestales sistemáticas parecen haber comenzado en el sur de Brasil con la introducción de *Eucalyptus* alrededor de 1906 (Navarro de Andrade 1941a). El interés por los



Fig. 9-1.—La sede del Instituto Internacional de Dasonomía Tropical (IITF), con sede en Puerto Rico, una de las instituciones de investigación más venerables. El IITF forma parte del Servicio Forestal del Departamento de Agricultura de los EE.UU.

bosques nativos del Brasil se formalizó mediante el estudio de nueve especies comenzado en 1953 (Gurgel Filho 1975). Un programa oficial de investigación forestal comenzó en el Amazonas en 1960 (Pitt 1961a), el cual incluía estudios sobre regeneración natural, crecimiento de rebrotes después del aprovechamiento, enriquecimiento y plantaciones cerradas.

La investigación ha acompañado al desarrollo forestal en todos los países de América tropical, aunque la intensidad de los empeños de investigación varían enormemente. Ahora existen instituciones de investigación en Argentina, Brasil, Colombia, Costa Rica, México, Perú, Puerto Rico y Venezuela (Fig. 9-1). Las investigaciones en las regiones tropicales de México, más recientes que las investigaciones en zona templada, desde hace algún tiempo incluyen extensos estudios de los bosques naturales, plantaciones y agroforestería (Cedeño Sánchez 1976, Chavelas Pólito (1976).

La Oficina Regional para Latinoamérica de la FAO, trabajando con el Instituto Forestal Latinoamericano de Investigación y Capacitación en Mérida, Venezuela, reconoció en 1956 la necesidad de una colaboración internacional entre las instituciones de investigación forestal, y así, en 1958 se creó el Comité Regional de Investigación Forestal. Un producto del trabajo de ese comité fue el análisis de 16 instituciones de

investigación, el cual demostró un alto grado de semejanza entre los objetivos de sus programas de investigación y problemas administrativos (Wadsworth 1969).

De hecho, la colaboración internacional para la investigación forestal en los trópicos comenzó entre los países de un mismo poder colonial. Más recientemente, el Instituto Forestal del Commonwealth Británico (hoy el Instituto Forestal de Oxford) ha promovido una colaboración más amplia mediante la colección y distribución de semillas de diferentes procedencias de especies populares para plantaciones. Hasta 1990, el Instituto había recogido y distribuido a 122 países más de 22 000 lotes de semillas de 108 especies de árboles, incluso a la mayoría de los países neotropicales (Barnes y Burley 1990).

La América Tropical debe hacer sus propias investigaciones. La solución a los problemas de la región se encuentra en la región misma, y debe ser integrada a los cambios promovidos por el desarrollo.

Necesidades de investigación en la región

Antes de enumerar las necesidades de investigación, se debe enfatizar una condición fundamental en la mayoría de los trópicos. La llamada 'investigación moderna' es casi totalmente un producto de las sociedades ricas (Mlinsek 1982). Estos países tienen una tendencia hacia métodos caros que sustituyen con instrumentos muy desarrollados, las técnicas rudimentarias de aproximación. Si bien tales métodos aumentan la precisión y el carácter concluyente de los resultados, en las condiciones comunes de los trópicos, donde las aproximaciones pueden inicialmente ser adecuadas a falta de trabajos previos, el costo de tales métodos podría ser excesivo, si no prohibitivo. La selección de la tecnología apropiada para los trópicos, por lo tanto es tan importante para la investigación como para la práctica forestal.

En el neotrópico se necesita más información sobre un sinnúmero de asuntos forestales. La primera tarea (todavía incompleta) es identificar los problemas más urgentes; con tal fin se han registrado varios empeños; los que se resumen aquí presentan las conclusiones de muchos expertos. Se han reconocido tres amplias etapas en la investigación del manejo maderero (Dawkins 1949):

1. Etapa de composición — Cómo reconocer, medir y usar los componentes del bosque.
2. Etapa ecológica — Cómo interactúan con el sitio los árboles deseables.
3. Etapa silvicultural — Efectos de las prácticas de manejo en la conducta y productividad del bosque.

En el prefacio de una obra por la FAO sobre necesidades de investigación (King 1979b), aparece el comentario de que los países en desarrollo están concientes del significativo papel que los bosques, la forestería y la industria forestal pueden jugar en el desarrollo económico. Saben que los bosques pueden ayudar a ahorrar y ganar divisas extranjeras, estimular otras actividades económicas a partir de la materia prima o de la fabricación de productos, y crear oportunidades de empleo significativas, particularmente en las zonas rurales. A continuación se presentan los factores que merecen una atención especial:

- Especies de árboles en los bosques tropicales húmedos.
- Volúmenes de madera en pie por especie.
- Distribución de especies y tasas de crecimiento.
- Reacciones del bosque a los sistemas silviculturales y de manejo.
- Técnicas para la regeneración de especies comerciales.
- Técnicas económicamente factibles para la mezcla de pulpas.
- Efectos a largo plazo del cultivo intensivo de árboles en plantaciones sobre la productividad del suelo.
- Fuentes de semillas superiores.
- Genotipos adaptados a sitios difíciles.
- Técnicas de propagación vegetativa para el mejoramiento de árboles.

En términos generales, las necesidades de investigación en la región del Amazonas son (Fearnside 1979b, Prance 1982):

- La biota (al menos el 20% de las especies de plantas todavía no han sido identificadas, al igual que la mitad de los insectos)
- La capacidad de carga de los sitios, en términos de la cantidad de gente que pueden mantener y la cantidad de madera que pueden producir con rendimientos sostenidos
- La extensión, causas, efectos y métodos de controlar la deforestación
- El uso racional y planificado de los bosques
- El papel que juegan las micorrizas
- Sistemas de producción de germoplasma

El Centro Internacional de Investigación Forestal (CIFOR), bajo los auspicios del Grupo Consultivo de Investigación Agrícola Internacional (CGIAR) ha redactado un programa de mediano plazo (1993-98) con los siguientes componentes:

Desarrollo de políticas

Políticas e incentivos para lograr la sostenibilidad de los bosques

Sistemas de distribución equitativa de los beneficios y costos de los bienes y servicios del bosque

Adopción de cambios de políticas

Políticas para aumentar el empleo y los ingresos con los bosques

Ubicación y tipos de recursos forestales capaces de satisfacer las demandas futuras por bienes y servicios

Manejo y conservación de bosques naturales

Aprovechamiento y manejo de bajo impacto

Manejo de la biodiversidad y de diversos productos

Sistemas de predicción del crecimiento y rendimiento

Manejo sostenible de bosques secos

Biología y genética reproductiva

Reforestación de terrenos agotados

Técnicas no industriales

Correspondencia entre especies forestales y genotipos con las condiciones biofísicas del sitio y sistemas de manejo

Técnicas para caracterizar las variaciones genéticas y relacionarlas con adaptaciones fisiológicas y morfológicas

Fisiología y bioquímica de las plantas para el mejoramiento de la propagación vegetativa
Plantaciones mixtas para productos múltiples
Rendimientos de las plantaciones en segunda y subsiguientes rotaciones

Productos y mercados

Manejo de los recursos para productos no maderables por parte de las comunidades locales y grupos de usuarios

Requerimientos del mercado y posibilidades para productos forestales no maderables de poco uso

Expansión y armonización de bases de datos sobre propiedades y usos de maderas tropicales y productos forestales no maderables

Efectos sociales y económicos de las nuevas tecnologías para agregar valor a los productos en o cerca de los bosques

Apoyo e información para la investigación

Desarrollo de los recursos humanos

Servicios de publicación e información

Armonización, integración y disseminación de bases de datos

El bambú (Gramineae) es uno de los grupos de plantas tropicales de mayor uso actual y futuro. Por consiguiente, una amplia gama de prioridades de investigación básica (muchas de las cuales se aplican igualmente a otras especies forestales) se ha recomendado para este grupo vegetal (Lessard y Chouinard 1980), incluyendo: taxonomía, identificación en el campo, propagación, estructura anatómica, resistencia mecánica y preservación.

No es suficiente, sin embargo, con enlistar temas de estudio cuando los medios para emprender las investigaciones son inadecuados en todas partes. A partir de una revisión de 16 instituciones de investigación forestal en la región (Wadsworth 1969), se llegó a las siguientes conclusiones:

- La deficiencia más crítica era la capacitación de los científicos.
- Había un alto riesgo de duplicar esfuerzos debido a que los problemas técnicos eran comunes en gran parte de la región.
- Los esfuerzos de coordinación debían comenzar con el análisis de los problemas regionales y el establecimiento de prioridades.

- Las reuniones de los líderes y científicos de las instituciones eran poco frecuentes o inexistentes; sin embargo, son necesarias para lograr una investigación regional efectiva.
- En general, los aspectos técnicos como suelos, hidrología, manejo de la fauna silvestre, agroforestería, utilización de desechos, control de incendios, y procesamiento, clasificación y mercadeo de productos, recibían poca o ninguna atención.

En 1970, el Comité de Investigación Forestal de la Comisión Forestal para Latinoamérica de la FAO emitió una lista de recomendaciones para los gobiernos nacionales y agencias de asistencia técnica internacional, con el fin de fortalecer las investigaciones forestales de la región (Anón. 1970). La mayoría de las observaciones registradas en esa lista todavía son válidas:

- La investigación forestal no debe ser considerada meramente como un apéndice de las agencias forestales, o como un ejercicio para estudiantes graduados, sino más bien como la punta de lanza para el desarrollo forestal futuro.
- Las responsabilidades de investigación forestal se deben delinear claramente y las organizaciones gubernamentales deben apoyarlas continuamente, primero como una actividad primordial de la autoridad forestal nacional, y segundo, como una actividad complementaria de las facultades forestales.
- Los científicos forestales necesitan sueldos adecuados, similares a los de otros campos de investigación, para fomentar la dedicación al desarrollo de una carrera en ese campo.
- El personal científico de instituciones de investigación debe coordinar esfuerzos en materia de forestería, agricultura y tecnología de la madera, fomentando una mentalidad de equipo y la comunicación frecuente y directa entre instituciones.
- Los científicos forestales deben tener oportunidades de capacitación continua sobre temas especiales, como diseños y técnicas experimentales, manejo de la investigación y redacción de informes técnicos.
- Un servicio de documentación centralizado es de importancia vital para los científicos forestales de la región.

- Para asegurar la comparabilidad, se necesitan técnicas estándares para la colección, análisis e interpretación de estadísticas forestales y datos de campo de medición de árboles y rodales.
- Una falta casi total de datos económicos sobre el aprovechamiento en la región requiere que se efectúen estudios sobre el valor de la madera en pie y costos de extracción y transporte de la madera a los centros de procesamiento, fabricación y consumo.
- Existe una necesidad creciente de información básica sobre el papel de los bosques en la conservación del suelo y agua y control de inundaciones. Son necesarias investigaciones relevantes y una red regional de cuencas demostrativas.
- Se debe preparar una lista actualizada, a nivel regional, de los centros de investigación forestal tropical capaces de suministrar o intercambiar semillas de árboles forestales de buena calidad.
- Se deben reservar áreas de ecosistemas forestales no modificados donde se puedan efectuar investigaciones ecológicas básicas, útiles para el manejo forestal.

La preocupación a nivel mundial por los bosques tropicales ha puesto de manifiesto las necesidades de investigación. A partir de un informe sobre las necesidades de investigación forestal en los países en desarrollo (Anón. 1981a), la segunda reunión de "Bellagio" en 1988, con la ayuda de un grupo de trabajo, redactó una propuesta para la implementación de los siguientes temas de investigación (Anón. 1990a):

- El papel de los bosques, terrenos arbolados y árboles en fincas y su contribución a la productividad agrícola, al uso idóneo de la tierra (fertilidad del suelo, microbiología, organismos micorrízicos, árboles fijadores de nitrógeno, pestes y enfermedades) y a los sistemas de manejo de árboles (intercalados con cultivos agrícolas y monocultivo).
- Conservación, selección, reproducción y mejoramiento de especies de propósito múltiple, particularmente especies fijadoras de N para agroforestería, reclamo de terrenos baldíos, leña, forraje, cultivos de árboles para la venta y plantaciones industriales.

- Utilización e investigación de productos forestales: ensayos con la madera, ingeniería de productos forestales, causas de la deforestación, asentamientos agrícolas, política de tenencia de la tierra, vínculos económicos, incentivos para la reforestación y aspectos de equidad y género.

La investigación de los bosques tropicales debe ser protegida de la interferencia externa. Los bosques representativos (tanto primarios como secundarios) se deben conservar hasta que se puedan efectuar los estudios previstos (o no previstos). Tal preservación es vulnerable a las presiones ejercidas a favor de otros usos de la tierra, y quizás pueda eventualmente fallar a menos que se emprenda un programa activo de investigación forestal, cuyos resultados sean publicados y utilizados.

Componentes de la investigación

La investigación debe ser abordada con la mente abierta; uno no puede ni aceptar los conocimientos tradicionales en forma complaciente, ni descartarlos apresuradamente. El científico debe efectuar preguntas constantemente, a sabiendas de que sus preguntas no siempre tendrán respuestas simples. Los nuevos estudios no siempre eliminan las incertidumbres, pero quizás proporcionen una mejor base a partir de la cual se pueda formular un juicio más claro.

Orientación. La investigación tiene que ver con la naturaleza, dirección y control de los cambios que llevan a un mejor futuro con resultados que representan esfuerzos a largo plazo. Por esas razones, es esencial que los científicos dirijan sus metas más allá de las actividades actuales. Para los programas de investigación nacional, esta perspectiva de largo plazo requiere que se analicen los problemas forestales y se establezcan las prioridades, para que la selección de los estudios a efectuar refleje las necesidades más críticas, actuales y futuras.

Un enfoque comprobado en la orientación de las investigaciones es el análisis del problema, un plan detallado para la solución de problemas en uso en EE.UU. (Anón. 1940-90). Estas publicaciones incluyen literatura pertinente y opiniones de científicos expertos. Los puntos más significativos del enfoque son los siguientes:

- Definición precisa del problema
- Consideraciones ambientales

- Componentes del problema
- Posibles beneficios de la solución de cada componente
- Enfoque propuesto
- Estudios y prioridades
- Plan para la difusión e implementación de los resultados
- Personal, instalaciones y cooperación necesaria
- Cronograma para iniciar el estudio
- Tiempo previsto para completar cada componente
- Costo estimado de cada componente

La formulación de preguntas claras que se deben responder es primordial para la planificación de la investigación. El proceso de derivar prioridades de investigación forestal orientada hacia la producción de mercaderías se ilustra en la Fig. 9-2.

Mucho se ha escrito sobre cómo se debe conducir un experimento. Sin embargo, la mayoría de los experimentos no logran todo lo que se espera de ellos, porque son imperfectos en su concepción, ejecución o interpretación. Algunos puntos que se deben tomar en cuenta en las investigaciones aparecen a continuación. Todo estudio serio debe comenzar con la preparación de un plan escrito, presentado con suficiente detalle, para que sea posible continuar la investigación, si esta debe ser emprendida por distintos científicos antes de acabar. Tal plan puede incluir los siguientes elementos:

Título

El título debe ser breve pero específico, que se diferencie de los demás estudios. Generalmente al plan se le da un número.

Literatura

Se debe describir el estado del conocimiento sobre el tema, técnicas, estudios relacionados en curso y fuentes de literatura asociadas. Aún si no hay literatura fácilmente disponible, es importante completar este paso lo más a fondo posible para evitar que se dupliquen u olviden metodologías recientemente desarrolladas.

Objetivos

La hipótesis y la pregunta específica que necesita respuesta se deben establecer con toda claridad, explicar su importancia y urgencia y describir las posibles aplicaciones y beneficios de los resultados.

Desde el principio, se debe establecer la importancia de toda la línea de investigación. Este es un paso crítico que a menudo se descuida; el enfoque de la investigación debe llevar a conclusiones o decisiones importantes y debe ser superior a los demás enfoques.

Muchas investigaciones se emprenden para elucidar preguntas de índole general, como “Cuál es el mejor árbol para el sitio X?” Debido a la interacción de múltiples factores, rara vez se puede obtener una respuesta definitiva a una pregunta tal con un sólo experimento. Un asunto general se debe reducir a preguntas más específicas, como “¿Cuál de las cuatro especies prometedoras crece más rápido en tres años, sin prácticas de manejo, en el sitio Q?” Es posible resolver esta cuestión con una sola prueba. Luego, los resultados de esta y otras pruebas para determinar la facilidad de establecimiento, efectos del sitio, calidad de la madera, aceptabilidad por la sociedad, entre otras, se pueden sintetizar en una hipótesis sobre la selección de especies cuyo ensayo se puede completar más adelante. Por ejemplo, con base en una serie de pruebas, la especie Y parece ser superior a la W, X y Z en el sitio Q.

La prudencia en la selección de la pregunta por resolver es de importancia primordial. La pregunta se debe postular de tal modo que la respuesta sea claramente afirmativa o negativa; si la respuesta conduce a la pregunta “cuánto?”, la cantidad debe decidirse en términos precisos, para distinguir las diferencias importantes de las insignificantes.

Métodos

Se debe describir el diseño del experimento (tamaño, réplicas, disposición de la parcela, derivación y datos requeridos) y los correspondientes análisis. Según sea apropiado, se debe establecer la ubicación, especificar el cronograma y el equipo necesario.

Uso de los resultados

Se deben describir los métodos de presentación ante el público, proceso de revisión, publicaciones y otras formas de uso de los resultados.

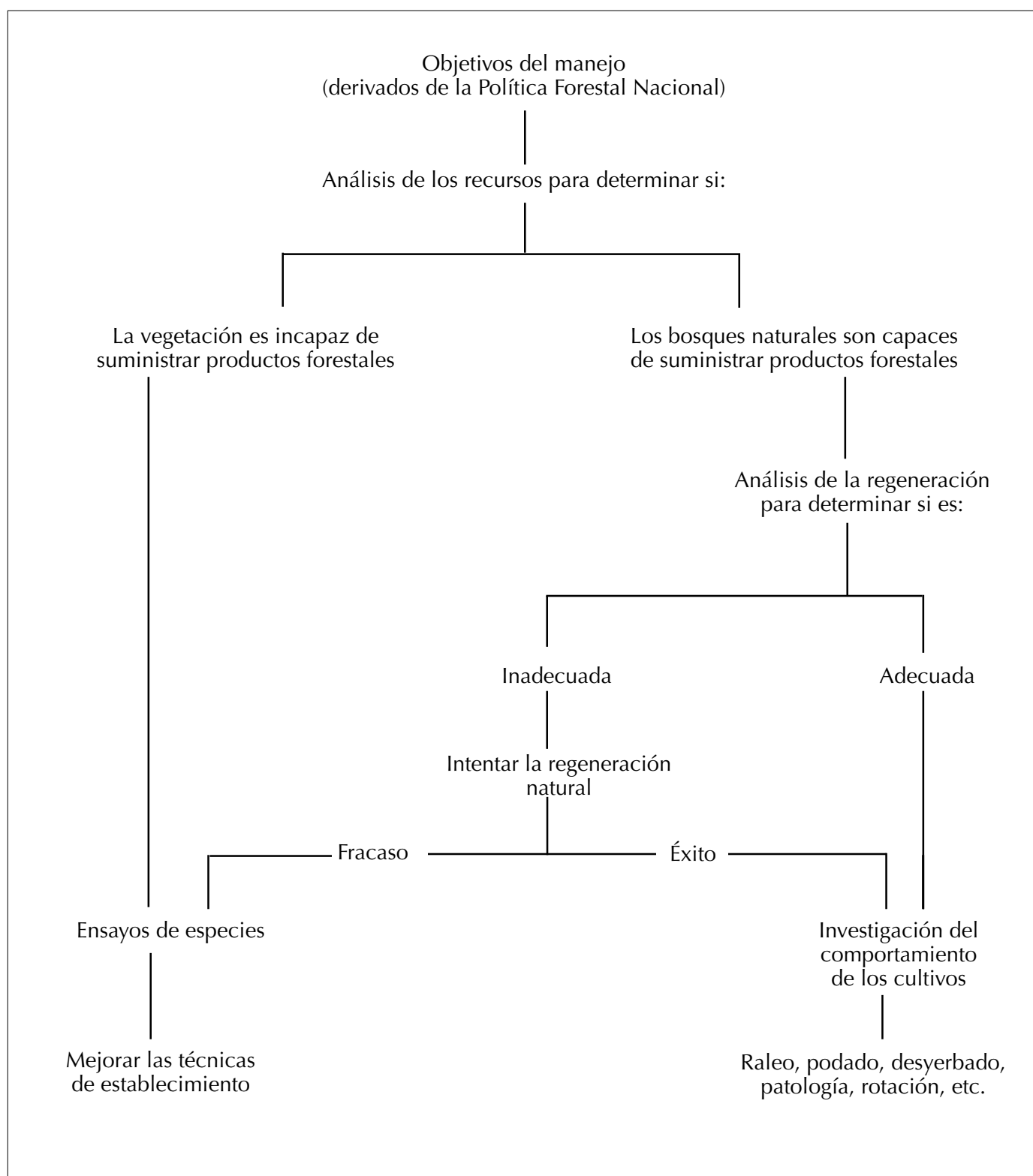


Fig. 9-2.—Derivación de las prioridades de investigación orientadas hacia la producción forestal (Philip 1964)

Diseño y análisis

El objetivo del estudio se debe presentar en términos estadísticos y se debe describir un diseño aceptable (tamaño, sitios, réplicas, disposición de la parcela o del muestreo, datos requeridos, y programación). Se debe describir el uso analítico propuesto para los datos. Según sea necesario, se debe indicar la ubicación, materiales y equipos.

Requisitos

Se deben considerar los recursos humanos, la programación, el transporte, necesidades de planta física y recursos financieros.

Apéndices

Se debe incluir como apéndices los mapas de ubicación, la disposición de las parcelas y las instrucciones para registrar datos. Se debe preparar un resumen y colocarlo al comienzo del plan, para atraer la atención del lector y dar una idea del tema y objetivos, alcance, diseño y análisis del proyecto.

Representatividad. Los experimentos son valiosos sólo si sirven para efectuar pronósticos. Lo que se observa a pequeña escala también debe ser de aplicación en una zona más extensa; si no, el estudio es poco útil. Parece obvio, por lo tanto, que los experimentos se deban efectuar bajo condiciones representativas de una gran zona de interés; sin embargo, este requisito básico comúnmente es pasado por alto, y muchos experimentos no son verdaderamente representativos. Los resultados, entonces, se aplican a condiciones que de hecho son muy distintas a las de la zona del estudio. Esta discrepancia a menudo ocurre debido a la predisposición de ubicar los experimentos en sitios accesibles o convenientes, una práctica permisible sólo en el caso de pruebas de carácter explorativo para obtener información cruda, necesaria para planificar experimentos posteriores más definitivos.

La posibilidad de que las condiciones en la zona de aplicación no sean uniformes también es a menudo ignorada. Siempre que se sospeche una variación significativa, se debe incluir en el diseño del estudio o en una serie de pruebas para determinar cuál de las subcondiciones reconocibles es significativamente diferente. Las pruebas con una nueva especie de árbol, por ejemplo, se deben efectuar en una amplia gama de climas y condiciones de suelo propias de la zona entera donde los resultados se aplicarán. Si los resultados

difieren de un lugar a otro, habrá conclusiones independientes para cada sitio y se deberán estudiar por separado.

Réplicas. La mayoría de las conclusiones de las investigaciones forestales no son definitivas sino que se basan en las probabilidades; esto es, el porcentaje total de instancias en que un fenómeno observado puede volver a ocurrir. Estas probabilidades se pueden determinar sólo mediante observaciones repetidas. Una verdadera réplica ocurre cuando las pruebas repetidas se ejecutan de manera semejante y bajo condiciones que representan la gama más amplia de posibilidades.

El número (n) de réplicas (o muestras) requeridas para obtener un grado deseado de exactitud puede ser definido con anticipación, siguiendo los siguientes pasos (Burley y Wood 1976):

1. Determinar (o estimar), a partir de observaciones preliminares, el valor medio (m) esperado.
2. Determinar la desviación estándar (s). Si existen observaciones preliminares, la raíz cuadrada de la suma de las desviaciones individuales a partir de la media se divide por su número menos 1. Si no hay observaciones preliminares, se toma un cuarto de la gama de valores mínimos y máximos esperados.
3. Determinar el coeficiente de variación (CV) dividiendo la desviación estándar por la media y multiplicándola por 100.
4. Seleccionar un grado de precisión (e), el número de unidades que constituyen una diferencia importante.
5. Seleccionar un nivel de probabilidad que se considere confiable, comúnmente 95 veces de cien.
6. Determinar un valor apropiado para la t de Student. Según se ve en los cuadros (Wenger 1983), el valor de " t " depende del número de réplicas, que es lo que se está determinando. Por consiguiente, el valor de " t " debe determinarse por ensayo y error. Sin embargo, para efectos prácticos, para un número de réplicas superior a 30, el valor de " t " equivale a 2 para un 95% de probabilidad (Cuadro 9-1).
7. Determinar el tamaño aproximado de la muestra elevando al cuadrado el producto de " t " por CV dividido por e^2 .

Por ejemplo, supongamos que se desea determinar la razón media del diámetro de copa a diámetro del fuste a la altura del pecho. La medida de unos pocos árboles típicos indica que el promedio debería ser aproximadamente 20 y que la gama debería variar de 10 a 30. La desviación estándar aproximada es 30 menos 10 dividido por 4. Esto significa que el coeficiente de variación es 100 veces 5 dividido por 25; o sea, 20%. Si el grado de precisión deseado para la razón es una cifra que esté a 2 puntos de la media (20), entonces e es igual al 10%. El valor pronosticado de " t ", para una probabilidad del 95% y con un número estimado de réplicas de 40, es 2,02. La primera prueba para definir el número real de réplicas, por consiguiente, es el cuadrado de 2,02 por 20, o 1632,16, dividido por el cuadrado de 10, lo que da como resultado 16,3 réplicas. A continuación, se recalcula el valor de " t " correspondiente a 16,3 réplicas (2,12), lo que da como resultado 18,0 réplicas $(2,12 \times 20)^2 / 100$. Debido a las aproximaciones que se hacen, el número seguro de réplicas sería 20 o más.

Gran parte de los supuestos en la selección del tamaño de muestras para parcelas de investigación se puede obviar usando tablas de tamaños de muestras como función de un coeficiente estimado de variación y un error de muestreo dado usando varios niveles de confianza. Un juego de tablas ha sido publicado por Stauffer (1983); Burley y Wood (1976) presentan detalles adicionales y más precisos sobre el diseño experimental de investigaciones. El Cuadro 9-2 ofrece números aproximados de réplicas con base en los coeficientes de variación y precisión requeridos.

Cuadro 9-1.—Valores de t de Student (nivel de probabilidad del 95%) para varias réplicas en estudios de investigación

Réplicas	t	Réplicas	t
2	12.71	10	2.23
3	4.30	15	2.13
4	3.18	20	2.09
5	2.78	30	2.04
6	2.57	40	2.02
7	2.45	60	2.00
8	2.36	120	1.98
9	2.31		

Fuente: Wenger 1983.

Precisión. Las diferencias experimentales poco notables en pequeña escala mantendrán una proporción similar en escalas grandes. El proceso mencionado arriba tiende a multiplicar cualquier error de experimentación y, por lo tanto, puede fácilmente llevar a resultados inaceptables a gran escala.

La mejor protección contra ese problema es asegurar la precisión en las observaciones y en la medición de las reacciones (Fig. 9-3). Al menos tres niveles de medición merecen atención. Primero, en la medida de lo posible, los efectos medidos deben relacionarse directa y únicamente con las causas. Es necesario eliminar las influencias ajenas o indirectas para clarificar las verdaderas causas y efectos.

Segundo, los instrumentos usados para medir las reacciones se deben seleccionar por su confiabilidad en el nivel de precisión requerido. El hecho que un instrumento sea nuevo, complejo o sofisticado, no significa necesariamente que sea el más apropiado para un estudio en particular. Los instrumentos, además, deberían ser probados o calibrados bajo las condiciones precisas del experimento.

Se debe tener un cuidado especial cuando se toman medidas. Cuanto más precisas las lecturas, tanto más estrecha debe ser la supervisión. Los que hacen las lecturas no sólo deben estar capacitados para esa tarea, sino que también deben estar completamente convencidos de que es necesario obtener el nivel de precisión previamente definido y que el supervisor no aceptará nada menos.

Tercero, una vez recogidos los datos, deben interpretarse sólo hasta el nivel que la precisión permite. Las medidas

Cuadro 9-2.—Número aproximado de observaciones requeridas para una precisión especificada en experimentos basados en coeficientes de variación

Coeficiente de variación (%)	No. de observaciones para una precisión deseada (probabilidad del 95%)		
	$\pm 5\%$	$\pm 10\%$	$\pm 20\%$
10	16	4	1
30	144	36	9
50	400	100	25

Fuente: Burley y Wood 1976.

tomadas en centímetros, no sirven para niveles de precisión en milímetros. Aún cuando las lecturas se pueden convertir a milímetros, no es válido generalizar a partir de las conversiones. Un ejemplo es la precipitación anual, sumada para el año o como promedio de varios años, y presentada al milímetro más próximo. Las lecturas de tormentas individuales o totales diarios se pueden medir al milímetro más cercano con el pluviómetro usado en ese preciso lugar y para el período preciso de medición. Sin embargo, cualquiera que mida la precipitación anual sabe que para distintos años los totales son distintos, no en milímetros sino que por lo general varían en muchos centímetros. Del mismo modo, un segundo pluviómetro, aún si se coloca cerca del primero, mostrará diferencias en centímetros a través del año. Por lo tanto, para la mayoría de los propósitos los datos sumados de precipitación en centímetros son tan significativos como los expresados en milímetros.

Los resultados de resúmenes de observaciones o comparaciones comúnmente se expresan en términos de medias de la muestra con una cierta medida de dispersión, como el error estándar (desviación estándar/ n). Para algunos propósitos prácticos, una cifra más significativa que la media de la muestra es “el cálculo mínimo confiable”, una cifra derivada al sustraer de la media de la muestra, el error estándar multiplicado por el valor de “ t ” para una probabilidad de 0,95 (Dawkins 1958d). Se espera que el cálculo mínimo confiable determinado de esta manera tendrá una probabilidad del 97,5%.

Si se desean comparar los resultados de investigación para una región tan extensa como el neotrópico, se requiere un nivel de confiabilidad semejante en los estudios. Esto no significa que se deba restringir el ingenio en el diseño de los estudios de aplicación a condiciones específicas del sitio. Sin embargo, una cierta similitud puede servir de guía en la definición de tamaños de parcelas y clases de alturas y diámetros, que ayuden a resumir el desempeño de los árboles, y otras cuestiones por el estilo.

Interpretación de resultados. La base fundamental de la interpretación es la observación. Mlinsek (1982) critica la tendencia de usar equipos caros de investigación en vez de la observación directa; según él, en el pasado la investigación forestal se apoyaba en observaciones e interpretaciones inteligentes que rendían buenos resultados cualitativos. Aún con instrumentos



Fig. 9-3.—*Las evaluaciones precisas y repetidas de los bosques son fundamentales para adquirir nuevos conocimientos a través de la investigación.*

sofisticados, todavía es esencial que los científicos mantengan un contacto permanente con la naturaleza de los bosques, lo cual puede ser exigente intelectualmente, pero modesto en términos del equipo necesario, y puede producir resultados iguales a los de las investigaciones de laboratorio.

La interpretación de los resultados de investigación requiere una comprensión amplia de todos los valores involucrados. La productividad de la plantación, por ejemplo, se expresa generalmente en términos de volumen (o fitomasa sobre el suelo) por unidad de superficie y tiempo. Sin embargo, bajo ciertas circunstancias, el volumen máximo por unidad de inversión o por unidad de empleo quizás sea más significativo (Wood 1974).

Las investigaciones comúnmente se emprenden más para comprobar algo que ya se sospecha o se cree, que para investigar una verdad completamente insospechada. A menudo se busca demostrar lo beneficioso que es aplicar algún nuevo descubrimiento al manejo. Pero, aún cuando ese no sea el caso, el investigador, al principio o a medida que el estudio progresa, podría estar tentado a prejuzgar e interpretar lo que no se ha demostrado conclusivamente. Ese impulso puede conducir a un sesgo en el diseño, ejecución o interpretación de la investigación. Cualquier satisfacción derivada de esta forma puede durar poco, porque tarde o temprano se comprobará que las decisiones basadas en conclusiones sesgadas son

deficientes, expuestas a errores costosos o a la corrección por otros investigadores más objetivos. La interpretación debe limitarse al alcance de las observaciones, aún si los resultados no logran alcanzar los objetivos del estudio. Tales limitaciones, abiertamente reconocidas y registradas, pueden estimular un mejor segundo intento, por los mismos o por otros investigadores.

Otro aspecto de la interpretación tiene que ver con los "indicios" no totalmente sustentados en mediciones (tales como diferencias poco probables a un nivel de confiabilidad del 95%), pero que sin embargo, forman parte de las impresiones que el investigador acumula durante un estudio. Estos indicios pueden conducir a hipótesis que explique los fenómenos observados y, por lo tanto, a nuevas y más beneficiosas líneas de investigación. Descripciones de tales impresiones constituyen un producto derivado de la pericia del investigador y tienen un lugar en la publicación de resultados científicos; la única condición es que se deben describir tal como son, y no como hechos científicamente probados.

Presentación. El propósito de la investigación es de obtener nueva información, pero ¿para quién? La consideración esencial que debe regir la selección de prioridades de investigación y la presentación de los resultados es el público al que van dirigidas. El público más obvio para la investigación en producción forestal es el practicante: el manejador de bosques, el agroforestal, o el propietario, quienes pueden aplicar los nuevos conocimientos a la formulación de políticas y al tratamiento de los bosques y terrenos arbolados. Una segunda audiencia es el público en general, cuyo apoyo es fundamental para gran parte de las investigaciones, pero que su interés por los detalles es relativo. Una tercera audiencia es la comunidad científica interesada en conocer las técnicas de estudios y los resultados técnicos, como base para mayores investigaciones.

La buena investigación debería tener algo que ofrecer a cada una de estas audiencias, aunque rara vez la investigación está dirigida a las tres. Los científicos tienden a dirigirse a otros científicos en términos poco conocidos para otros practicantes o para el público en general. Gran parte de las investigaciones, por lo tanto, no se promocionan en los círculos donde deberían ser aplicadas, o donde se podría conseguir un mayor apoyo. Corresponde al científico poner a disposición de todos los públicos los resultados de su trabajo; esto requiere

que se hagan presentaciones claras y simples, en distintos medios de comunicación.

Enfoque de la investigación

Un programa de investigación equilibrado generalmente está compuesto de varios estudios cuyo enfoque en conjunto se centra en problemas críticos. Este equilibrio normalmente se da en las investigaciones fundamentales a largo plazo y los estudios a corto plazo para resolver problemas inmediatos. Los estudios de largo plazo tienen que ver con las causas fundamentales de los fenómenos observados, tales como las variaciones en la productividad en distintos sitios. El equilibrio también se pone de manifiesto en la priorización de las investigaciones para determinar las posibilidades físicas, biológicas y técnicas, antes que la determinación de los límites o grado de factibilidad económica.

Clasificación de los bosques e inventarios forestales

Las clasificaciones climáticas y ecológicas de los bosques tropicales se han descrito en los capítulos anteriores. Son útiles porque enfatizan características claves que; 1) pueden ser comunes para los bosques separados por largas distancias o que son superficialmente distintos, 2) pueden distinguir entre bosques semejantes en apariencia. Pero tales clasificaciones son imperfectas y son un tema continuo de investigación en la región. Una de las limitaciones surge directamente de la tendencia de agrupar los bosques solamente con base en unos pocos parámetros de fácil medición. Los intentos por establecer sistemas de clasificación forestal universal han sido criticados por oscurecer tantas diferencias como semejanzas logran esclarecer (Grubb *et al.* 1963). Si bien se deben reconocer las grandes semejanzas, también se debe prestar atención a los cambios de asociaciones y a especies individuales que diferencian factores de sitio, como elevación, pendiente, aspecto y propiedades físicas del suelo. Una mejor comprensión de estas relaciones, a través de investigaciones, podría arrojar luz sobre las limitaciones y las posibilidades de un manejo forestal más adecuado en los países tropicales.

Los inventarios forestales en el neotrópico son un foco continuo de atención. Gran parte de la región nunca ha sido inventariada, y sin embargo, la protección racional y el manejo productivo se deben basar en evaluaciones forestales que sólo se pueden obtener mediante un inventario. A lo mínimo, los inventarios deben proporcionar datos confiables sobre la ubicación y

extensión de los bosques existentes, datos ahora derivados casi universalmente mediante la teledetección.

Por muy valiosa que esta información básica pueda ser, sólo sirve para establecer políticas forestales superficiales, lo que sugiere la importancia general de los bosques como forma nacional de uso de la tierra y para señalar dónde se deben concentrar los esfuerzos de investigación forestal. Para definir las tasas de aprovechamiento, identificar los sitios más productivos y determinar los rendimientos sostenibles, los bosques tropicales deben ser inventariados con mucho más detalle y más repetidamente a través del tiempo. Los inventarios continuos, que muestran cambios en el tiempo, generalmente se basan en mediciones repetidas de muestras representativas de los bosques.

Cuando se planificaba la conversión de los bosques de Uganda a un programa de manejo monocíclico de 70 años, los forestales encontraron que era esencial tener inventarios confiables basados en muestras bien planeadas y completas de la composición del suelo, la condición silvícola y el potencial productivo de cada zona (Hughes y Brown 1962).

El porcentaje del bosque a ser incluido en la muestra, los parámetros que se deben medir y la naturaleza del análisis dependen de cuánta información se requiere y cuán precisa debe ser. Para cálculos aproximados del volumen total de madera en pie, un muestreo del 2 al 5% puede ser suficiente, pero generalmente se requiere una muestra mucho mayor en bosques mixtos, donde el objetivo es estimar el volumen de árboles de cosecha, o de sólo una o pocas especies. Para producir esta información se necesita un inventario casi completo, debido a la ocurrencia irregular de cada especie en los bosques mixtos. Donde sea posible, la agrupación de especies en inventarios puede reducir no sólo tales irregularidades, sino también, en consecuencia, la intensidad del muestreo requerido para cualquier nivel de precisión definido. La intensidad de muestreo se puede basar en el coeficiente de variación, según se ha descrito previamente (Cuadro 9-3).

La intensidad de muestreo necesaria para lograr una confiabilidad dada se puede reducir subdividiendo el bosque heterogéneo en unidades más homogéneas. La heterogeneidad de los bosques mixtos se puede reducir para propósitos de muestreo estratificando de acuerdo a los factores ambientales, como elevación, tipo de suelo o tratamiento forestal anterior. Las variaciones en los

bosques se pueden distinguir por medio de la teledetección. En general, cualquier variación que puede ser trazada en un mapa es una fuente prometedora de posibles ahorros, en cuanto a la intensidad del muestreo en el campo, porque cada tipo (o clase) de bosque tiende a ser más homogéneo, y por lo tanto, el muestreo puede ser menos intensivo para un nivel dado de error probable.

Para cualquier inventario forestal, no importa cuán rutinario y repetitivo sea, existe una necesidad continua de evaluar las técnicas, además de los resultados, en busca de métodos mejores y más baratos. Para obtener datos detallados sobre los inventarios forestales, sus propósitos, diseños, técnicas de muestreo, teledetección, medidas, registro, procesamiento e interpretación de datos, se refiere al lector al manual de la FAO (Lanly 1973). Para pruebas de especies arbóreas, una buena referencia es Briscoe (1990).

Ecosistemas forestales. Antes de tomar decisiones racionales sobre si se debe y cómo modificar los bosques tropicales para estimular la producción, uno debe estar al tanto de cómo operan y funcionan naturalmente los ecosistemas no modificados (Assman 1970). Por ejemplo, se debe entender la regeneración bajo condiciones no perturbadas para saber qué esperar de la regeneración bajo condiciones perturbadas, debido a la extracción de madera (Richards 1957). De igual manera, en los bosques secundarios, el estudio de la

Cuadro 9-3.—Error probable en un muestreo de suelos en inventarios forestales (%)

Tamaño del bosque (ha)	Error probable de las distintas muestras		
	1 %	5 %	10 %
Coeficiente de variación 15%			
40	14.9	6.5	4.5
400	4.7	2.0	1.4
4,000	1.5	0.7	0.4
Coeficiente de variación 60%			
40	59.8	26.2	18.0
400	18.9	8.3	5.7
4,000	6.0	2.6	1.8

Fuente: Meyer *et al.* 1961.

sucesión natural de las especies puede guiar la silvicultura (Hall y Okali 1979).

Dada la heterogeneidad de los ecosistemas forestales tropicales, la investigación podría ser menos fructífera en cuanto a descubrimientos universales que en la búsqueda de las causas de diferencias (Levins 1968). El desafío es encontrar maneras de tratar a los sistemas naturales para el beneficio humano, sin perder la rica fuente de datos biológicos que contienen (Farnworth y Golley 1973). La investigación se debe dirigir al rendimiento sostenible de beneficios o productos útiles, lo que significa que nuestras acciones no deben disminuir la productividad, riqueza o estabilidad a largo plazo.

Un equipo de trabajo del Instituto de Ecología determinó que los siguientes requisitos son de alta prioridad en la investigación ecológica de los bosques tropicales (Farnworth y Golley 1973):

- Estudios sobre la morfología, fisiología, conducta y estructura de las poblaciones de los bosques.
- Presupuestos del tiempo y energía de organismos individuales y de las poblaciones; tasas y estrategias de adquisición y gasto de energía.
- Historia de vida de la flora.
- Rendimientos orgánicos potenciales, productividad, descomposición y reciclaje.
- Relación entre diversidad y estabilidad.
- Límites de tolerancia del estrés sin pérdida de la capacidad de recuperación.
- Dinámica de los nutrientes en el tratamiento, destrucción y recuperación del bosque.
- Enfoque de sistemas en el manejo de plagas.
- Técnicas de investigación.

Otras recomendaciones para fortalecer la investigación ecológica en los bosques tropicales (Brunig *et al.* 1975) son las siguientes: 1) naturaleza y cantidad de flujos y reflujos, 2) estructura, funciones e interacciones de la flora y la fauna, 3) ciclo y descomposición de nutrientes y el rol de los micorrizas, 4) interrelación entre especies y sitios, 5) interrelaciones entre sistemas terrestres y acuáticos, 6) reacción de la estructura natural del ecosistema y sus funciones a la variación ambiental y

la interferencia humana, 7) desarrollo de modelos de predicción.

Los datos básicos sobre la estructura y composición del bosque se consideran esenciales para el entendimiento del manejo de los bosques mixtos de Malasia, debido a la tendencia de aumentar la representación de especies de árboles comerciales y el cambio hacia cultivos de edad más uniforme (Wyatt-Smith 1966).

Historia de vida de los árboles. A pesar de que se necesitan estudios de los ecosistemas en general, se aprende mucho estudiando las historias de la vida de especies individuales que lo componen. Eso se debe en parte a que el cultivo de bosques mixtos con base en distintos objetivos de manejo, generalmente favorece a algunas especies, a expensas de las demás. Entonces, como resultado de tal selección, el desempeño del sistema o del rodal tiende, en conjunto, a reflejar el desempeño de especies seleccionadas que gradualmente van siendo más relevantes.

Para cada especie se necesitan varios tipos de datos. El primero es la "identidad" de la especie, incluyendo cualquier variante de la raza, características taxonómicas y nomenclatura de la especie, tanto en términos científicos como en nombre común. Segundo, se deben investigar los factores ambientales que parecen críticos para su ocurrencia y bienestar. Entre ellos se halla el clima, incluso la severidad de las heladas y las sequías; los suelos, particularmente los factores físicos, como profundidad y porosidad, y el suministro de nutrientes (Richards *et al.* 1939).

Tercero, también se debe determinar la naturaleza de los bosques donde la especie ocurre (o está aparentemente bien adaptada). Debe incluirse información sobre cierre del dosel, tamaño de los claros, intensidad de la sombra, y estratos que pueden ser el hábitat primario de la especie. Las especies asociadas también son significativas, como también la ocurrencia relativa de la especie en bosques primarios o bosques con varias etapas de sucesión.

Cuarto, el hábito mismo de las especies también es importante, incluso la forma, tamaño al alcanzar la madurez, peculiaridades de la corteza, gambas, tipo y tamaño de hojas, carácter caducifolio, florecimiento, polinización, fructificación, mecanismos para el transporte de semillas, mecanismos de establecimiento y crecimiento a lo largo de la vida, y relación con el ambiente.

Bajo la categoría de “información silvícola” se encuentran las reacciones de los árboles a las prácticas silvícolas, datos que se pueden derivar en parte de la conducta de la especie en la naturaleza. Otra información relacionada incluye adaptabilidad a la regeneración artificial, peligros externos (pestes y quebraduras), reacción a distintos tratamientos silvícolas y tasas de incremento volumétrico (Fanshawe 1947a, 1947b, 1948; Kadambi 1954, Soerianegara 1973). Un compendio de detalles silvícolas sobre los árboles de Trinidad y Tobago presentan las siguientes categorías de datos (Marshall 1939): distribución y hábitat, descripción botánica, germinación, desarrollo del plantón, características silvícolas y utilización. En Ghana (Taylor 1960), la información incluye nombres científicos, comunes y comerciales, descripción botánica, usos, distribución, fenología, semillas y plántones, abundancia y condiciones de regeneración natural.

El Grupo de Estudios Silviculturales de la Comisión Forestal de América del Norte ha desarrollado, a partir de otras fuentes, un bosquejo completo de información silvícola, el cual puede servir como guía para la región (Apéndice M). Casi el mismo bosquejo se está usando en el Manual Silvícola de Árboles Tropicales Americanos, que el IITF de Puerto Rico está preparando (Francis 1984 hasta el presente).

La identificación de campo generalmente se basa en más caracteres de los que se usan para la clasificación taxonómica. Los caracteres identificadores deben estar visibles a través del año. Algunos ejemplos comunes (Allen 1956, Rosayro 1954) incluyen forma de copa, forma del fuste, gambas, raíces fúlcreas, espinas, dehiscencia de la corteza, escamado de la corteza, color de la corteza, exudaciones (látex), corteza de distintos colores, cambio de color de la corteza interior al ser expuesta, color distintivo de la capa intermedia de la corteza, estriado de la corteza interior, olor o gusto distintivo de la corteza o madera y presencia de hormigas de aguijón. Tales datos usados en la preparación de claves de campo es fundamental para las investigaciones de la región (Dubois 1971).

El estudio de la regeneración natural de los árboles tropicales todavía está en su infancia. En general, se sabe poco de cómo se reproducen la mayoría de las especies sin la intervención humana, o cómo estimular el proceso. En la India y en lo que hoy es Malawi, la regeneración natural se convirtió en una práctica silvícola aceptada, décadas antes de que los dasónomos reconocieran que se sabía poco o nada sobre el proceso

reproductivo y que se necesitaban mayores investigaciones (Hursh 1960, Nair 1960).

La investigación de la regeneración bajo condiciones naturales se basa en la necesidad de información básica (Stern y Roche 1974). Sin embargo, el estudio de la regeneración (o su ausencia) bajo condiciones modificadas típicas de los bosques tropicales explotados o secundarios puede resultar más útil. Además, debido a que los problemas de la regeneración natural no son solamente los de reclutamiento, existe la necesidad de un desarrollo armonioso de tecnologías para el inventario y manejo de la regeneración (Dubois 1971).

Entender la reproducción natural de las especies claves es fundamental para la silvicultura y el manejo de los bosques naturales. Una reunión de la Comisión Forestal del Asia y el Pacífico de la FAO en 1960 recomendó que la investigación debiera determinar primero la ecología de las etapas juveniles de las especies de árboles económicamente atractivos (Anón. 1960a). Se vio la necesidad de desarrollar técnicas para determinar la abundancia de la regeneración presente, en relación con la necesaria para un manejo forestal sólido.

Los estudios de la regeneración natural empiezan lógicamente con la fenología, el momento oportuno en que el árbol madura y la época de floración y fructificación. Debido a que la mayoría de las plantas tropicales dependen de los animales, al menos para una fase de su ciclo reproductivo, es particularmente importante emprender estudios de polinización y dispersión de semillas en ambientes naturales, de ser posible, antes de que hayan modificaciones (incluyendo las causadas por abejas invasoras) (Frankie *et al.* 1974b).

Aunque el carácter heterogéneo de la mayoría de los bosques tropicales resulta de mecanismos que inhiben el desarrollo de grupos concentrados de las mismas especies, el hecho es que muchas especies sobreviven con éxito en bosques puros o casi puros. Algunas son de crecimiento rápido y larga vida, lo que sugiere que deben ser excepcionalmente aptas para una producción intensiva (Whitmore 1981). Mediante la investigación debe aclararse cómo evitan tales especies las enfermedades y epidemias y qué mecanismos son responsables del crecimiento rápido.

En general, faltan datos sólidos para el manejo de especies de árboles. García Gutiérrez (1976) esbozó los componentes principales de una historia de vida ; junto

con la descripción del árbol adulto y su extensión geográfica natural, presenta datos sobre la biología de las flores (incluso el período y duración del florecimiento), mecanismo que produce el florecimiento, mecanismos y agentes de polinización, período de maduración de la fruta, naturaleza de la fruta, cantidad de frutos por árbol y de semillas por fruto. Una secuencia natural incluye detalles sobre la durabilidad y dispersión de las semillas, necesidades para la germinación, proceso de germinación, destino de las plántulas y desarrollo del árbol hasta alcanzar la madurez.

Se han publicado historias de la vida de pocas especies de árboles tropicales; entre ellas, *Pentaclethra macroloba* y *Stryphnodendron excelsum* en Costa Rica (Hartshorn 1972), *Cecropia peltata* (Silander 1979), *Schefflera morototoni* (Neives 1979), *Buchenavia capitata* (Sastre de Jesús 1979) e *Inga vera* (Muñiz-Meléndez 1978) en Puerto Rico. Todos estos estudios se efectuaron durante un breve período de tiempo, por lo que faltan datos significativos sobre las razones y causas de la mortalidad eventual. El estudio de *P. macroloba*, con base en 4 ha de bosque, determinó la tasa de reducción del número de árboles por unidad de área al aumentar la altura o el diámetro de los árboles. A partir de esto se dedujo la tasa de mortalidad relativa en el paso de una clase de tamaño a la siguiente.

Crecimiento de los árboles. La evaluación de los ecosistemas forestales no se limita a la determinación de las condiciones actuales. Más esquivada y valiosa a largo plazo es la información sobre el carácter y tasa de cambios que pueden estar ocurriendo, particularmente en relación con el incremento volumétrico de los componentes potencialmente económicos del rodal. Los primeros monitoreos de los bosques tropicales tuvieron lugar en lo que hoy es Malasia. Los datos sobre el crecimiento de árboles se derivaron con mediciones repetidas de especímenes seleccionados a lo largo de transectos permanentes (Watson 1934).

En 1958, se desarrollaron técnicas de medición para determinar lo siguiente (Wyatt-Smith 1958b):

- Volumen de madera de tamaño comercial para propósitos de manejo (censos comerciales).
- Composición y distribución de las clases del tamaño de árboles y plántulas (enumeración de árboles comerciales y parcelas botánicas).

- Estructura del bosque (perfil).
- Frecuencia y distribución de los mejores plantones de regeneración de especies de valor económico por unidad de superficie (muestreos de la regeneración antes y después del aprovechamiento).
- Desarrollo (mediciones repetidas de parcelas botánicas de marcación permanente).

En los bosques aprovechados, el muestreo lineal se puede usar para decidir el tratamiento silvícola preliminar; la intensidad de muestreo generalmente varía de 2,5 a 10,0%, dependiendo del tamaño del árbol. Cuando se decide efectuar un tratamiento se establecen parcelas para evaluar los efectos. Las unidades son de 20 m x 200 m, y dentro de ellas, se hacen submuestreos de árboles de menos de 10 cm dap. Las unidades se agrupan en un diseño de bloques al azar en lugares seleccionados con base en cualquier criterio ajeno al tratamiento. En general la topografía impide que las unidades se dispongan en forma cuadrada (Wyatt-Smith 1958b). En los bosques pluviales de Malasia, las parcelas largas y estrechas son más eficaces para lograr una distribución normal del área basal que las de forma cuadrada (Cousens 1958). Las franjas más satisfactorias son de 20 m de ancho y de 100 a 400 m de largo.

En Surinam, el muestreo para tamaños de árboles y distribución de especies se hace en cuadrados de 10 m x 10 m, que se ubican a lo largo de líneas o agrupados en cuadrados de 1 ha (Schulz 1960). Se descubrió que las diez especies principales podían ser evaluadas adecuadamente usando de 50 a 100 cuadrados. El parámetro más decisivo es la cantidad de árboles que alcanzan un dap de 25 cm.

Uganda ha tenido una larga experiencia en el desarrollo de técnicas para medir el bosque alto, y se ha llegado a la conclusión de que el único método para estimar el crecimiento es efectuar mediciones repetidas del rodal entero (Dawkins 1958d). El segundo método es usar parcelas permanentes de muestreo; aún dentro de estas, es difícil medir todos los árboles. Todo se debe marcar, incluso las malezas, y tanto la pintura como los clavos presentan problemas de durabilidad. El crecimiento y la mortalidad se deben registrar simultáneamente, una tarea menos ardua si se concentra sólo en los árboles seleccionados. Si la cosecha final de los árboles maduros no debe tener más de 50 fustes por hectárea, sólo se deben registrar dos por parcela de 20 m x 20 m.

La práctica en Uganda es usar parcelas de rendimiento de 100 m², situadas en pares al azar, dos por 250 ha. Cada parcela se subdivide en 25 cuadrados dentro de los cuales se miden los cuatro mejores árboles. Cada árbol medido se rotula, aún si no es más grande que un brinjal o plantón. Con este sistema se obtiene un panorama adecuado del bosque.

En Uganda se desarrolló una secuencia lógica de la técnica del muestreo, comenzando con un examen físico, luego un examen biológico y un examen de producción (Dawkins 1958d). El examen físico, de naturaleza exploradora, estima la población de árboles; con un muestreo dinámico se determina el reclutamiento, crecimiento y mortalidad.

El procedimiento de monitoreo más simple usado en Uganda se centra en las parcelas de crecimiento, cuyo propósito es determinar la influencia del paso del tiempo sobre las especies deseables. Para tal fin se necesitan en cada sitio no más de diez árboles de cualquier clase de diámetro. Los árboles se escogen por su valor potencial como madera de aserrío. Se pinta un anillo en el punto donde se toman las medidas, y estas se repiten a intervalos de 1 a 5 años para diámetros desde 0,1 cm dap. Los árboles individuales son clasificados por la forma y posición de la copa (Dawkins 1958d).

El monitoreo de la producción en Uganda requiere que los árboles se clasifiquen por el uso (Dawkins 1958d). Los que se consideran “deseables” incluyen árboles que producen maderas de primera y segunda calidad y maderas desconocidas de valor potencial. Los árboles “indeseables” incluyen los proscritos (sin valor conocido), las malezas, árboles defectuosos y los que impiden el crecimiento de árboles deseables.

La ausencia de anillos de crecimiento confiables en la madera de la mayoría de los árboles tropicales ha obligado a emprender una tarea de largo plazo para determinar las tasas de crecimiento. Se han hecho esfuerzos por acelerar el desarrollo de esta información, pero los procesos son complejos y de confiabilidad incierta. Los mejores resultados todavía se logran con mediciones repetidas en las mismas áreas o árboles.

Nuevos y más precisos métodos para medir el crecimiento diamétrico surgieron con el uso de la cinta vernier (para medir el dap) y el dendrómetro fijo (un instrumento para medir las dimensiones de los árboles). Este último, sin embargo, se debe instalar y alcanzar una

tensión estable con un año de anticipación para que las medidas sean confiables (Bower y Blocker 1966). Para estudios especiales, el xilema de los árboles escogidos puede ser pinchado a través de la corteza con una aguja dejando una marca permanente contra la cual se puede medir el crecimiento (Wolter 1968).

Un intento efectuado en Cuba para determinar la edad de árboles en plantaciones mediante los anillos de crecimiento, indicó que, al menos para algunas pocas especies, el margen del error no era muy grande (González Rondón y Eremeev 1976). El número medio de años por anillo de crecimiento (coeficiente de edad) era de 0,8 para *P. caribaea*, 0,9 para *P. tropicalis*, 0,9 para *Cedrela odorata* y 1,0 para *Eucalyptus saligna*, *Hibiscus elatus* y *Swietenia* spp. Otros estudios no han alcanzado tanta certidumbre sobre el número de anillos claramente visibles.

En el clima muy estacional del norte de Australia, tres especies de *Eucalyptus* forman anillos anuales nítidos (Mucha 1979). Sin embargo, para determinar la edad de los árboles, se necesitan materiales cuidadosamente seleccionados. A medida que el árbol envejece, la anchura y precisión de los anillos exteriores se reduce. Estos descubrimientos sugieren que se deben evaluar los anillos de otros eucaliptos que viven en climas secos.

Un índice sensible sobre la condición y cambios del bosque es la diversidad, el número de especies forestales por unidad de área. En bosques sin modificar, entre más especies hay, tanto más favorables se supone que son las condiciones. Hasta qué punto las especies están igualmente representadas (en vez de ser comunes algunas y raras otras) también se reconoce como un índice de diversidad. Una medida de esta tendencia es la función de Shannon-Weiner, obtenida al multiplicar el porcentaje de todos los árboles que una especie representa por el logaritmo natural del mismo porcentaje, cambiando el signo de menos a más y sumando el resultado para todas las especies (Boyce y Cost 1978). Cuanto mayor el resultado, tanto mayor la cantidad de especies y más uniformes sus grados respectivos de representación, lo que se considera el mayor grado de diversidad.

El monitoreo es especialmente útil en bosques secundarios como guía de manejo durante las etapas iniciales de recuperación de las perturbaciones (Richards 1955). Las etapas sucesionales indican el nivel de restauración del suelo.

Con el monitoreo de los cambios pasados o actuales se puede predecir lo que se espera en el futuro. Los métodos de inventario no deben sólo medir la composición actual y la cantidad de las existencias en crecimiento, sino que también deben indicar la tasa de crecimiento potencial bajo tratamientos forestales alternativos (Bunn 1968).

La predicción de las consecuencias de la intervención humana en los bosques tropicales húmedos es limitada por lo poco que se sabe de los sistemas forestales tropicales. Es posible que las observaciones se basen en analogías no comprobadas con otros sistemas. Los enfoques predictivos experimentales tardan mucho tiempo y son costosos. El enfoque preferido es la simulación por computadora, que usa mediciones reales para comparar el potencial de distintas estrategias (Goodall 1975). El uso de regresiones múltiples permite la cuantificación del efecto relativo de variables independientes y distintas, sobre las variables dependientes, al menos durante períodos en que no hay interferencias externas (Dawkins 1964b). No cabe duda de que es necesario encontrar una correlación más fuerte entre las medidas externas de los árboles y el rendimiento esperado.

El efecto de la competencia sobre los árboles individuales parece estar estrechamente vinculado con las tasas futuras de crecimiento. Una expresión de tal competencia es el conteo de área, una medida matemática del traslape de las copas, basada en un área basal de aproximadamente 10 m²/ha (Opie 1968). Suponiendo que la zona de influencia de cada árbol corresponde a un círculo cuyo tamaño se obtiene en función del dap, se pueden determinar las zonas teóricas de traslape de las copas. Estas técnicas son de utilidad principalmente en las investigaciones, pero quizás más adelante se desarrollen aplicaciones prácticas de campo.

Otro índice para determinar la competencia se ha ensayado en la zona templada: el "área potencialmente disponible". Esta es el área de un polígono alrededor de cada árbol, la cual se obtiene mediante puntos a lo largo de líneas que van del árbol en cuestión a cada uno de sus vecinos; la ubicación de cada punto se determina como proporción de los dap respectivos (Moore *et al.* 1973). En un ensayo, este índice explicó entre el 61 y 71% de la variabilidad del crecimiento.

Parecería más lógico controlar los cambios en el bosque a partir de componentes individuales, como índices de

constancia o cambio. Sin embargo, el significado de tales descubrimientos quizás sea difícil de interpretar. La extrapolación de datos de árboles individuales para determinar los efectos del grupo en el ecosistema es un proceso lógico muy complejo que puede inducir a error. De hecho, en sistemas vegetales muy diversos, el enfoque autoecológico o fisiológico puede no ser el mejor punto de partida para una investigación (Webb 1968). Los parámetros fisiológicos de cualquier comunidad quizás no resulten del mero hecho de juntar elementos dispares; quizás sea imposible escoger indicadores significativos sin perder mucho tiempo en intentos inútiles. Un enfoque más prometedor podría ser el estudio de comunidades de plantas, su sucesión y relaciones dinámicas (Webb 1968).

Las dificultades de caracterizar los bosques tropicales mediante árboles individuales se complica aún más por las diferencias aparentemente irreducibles en el comportamiento de árboles individuales debido a la gran variación entre sitios y a la estratificación de bosques complejos (Mervart 1969). Cada árbol está sujeto a distintas probabilidades de aceleración y deceleración del crecimiento y de la mortalidad. Para tomar todos estos factores en cuenta, se deben observar muchos árboles por un largo tiempo, y aún así, el proceso de sintetizar la representación del bosque entero podría ser problemático.

No deberían sorprender las dificultades en el proceso de aislar causas y efectos en los ecosistemas complejos. Existen muchas evidencias de que la supervivencia y el bienestar del sistema en su totalidad son determinados por interacciones sutiles entre los distintos componentes. Ningún comportamiento individual responde a una sola, o quizás aún a pocas causas.

Silvicultura. Se sabe tan poco sobre los efectos de los tratamientos silvícolas en los bosques naturales mixtos de los trópicos que no se pueden predecir los resultados de los extensos programas silvícolas. Tres líneas de investigación — que se indican a continuación — prometen dar un alcance más amplio para la silvicultura tropical (Synnott 1979):

- Los mercados para especies de maderas poco usadas y otros productos menores.
- Las prácticas de tala y extracción que mejor conservan el potencial productivo de los bosques bajo aprovechamiento.

- La corta de trepadoras antes y después del aprovechamiento, con el fin de reducir el daño causado por la tala y aumentar la productividad subsiguiente.

Otra determinación de necesidades de investigación silvicultural en bosques naturales se refiere específicamente a los bosques dipterocarpáceos, pero es de interés general (Ashton 1978b). Según el autor, todavía no se había emprendido la investigación necesaria para asegurar rendimientos sostenidos en bosques mixtos de dipterocarpáceas. Es posible que la sobreexplotación de los bosques naturales en épocas de precios favorables impida la regeneración natural; en tanto que las plantaciones solamente funcionan en buenos sitios donde deben competir con la agricultura. Las investigaciones son necesarias para comprobar en qué medida las comunidades rurales dependen de los bosques. Las reservas forestales, por su parte, deben crearse antes de que se modifiquen las relaciones ecológicas que pueden servir de guía para el manejo.

En los bosques dipterocarpáceos de Sabah, las siguientes cuatro líneas de investigación se han considerado las más importantes (Fox 1967b):

- Estudio del bosque virgen para guiar el establecimiento de reservas de muestras representativas y para ubicar y evaluar el volumen de madera disponible.
- Evaluación de la regeneración vieja en bosques talados.
- Determinación del desempeño de las plántulas de las especies más problemáticas.
- Manejo de la vegetación competitiva como posible fuente de celulosa industrial.

Los estudios de la regeneración natural y su reacción a los tratamientos silvícolas pueden ser pertinentes para gran parte de la región. La técnica desarrollada en Uganda para monitorear las semillas y plántulas de regeneración natural alrededor de árboles semilleros puede ser de interés (Dawkins 1955a). Alrededor de cada árbol se limpian franjas de 2 m de ancho en cuatro direcciones justo antes de la caída de las semillas; luego, las franjas se dividen en cuadrados para medir el número, cantidad, tiempo y dirección de caída de las semillas, germinación y supervivencia eventual. De esta

forma se pueden revisar cientos de semillas por metro cuadrado.

Las investigaciones silviculturales en bosques altos de Uganda condujeron a estudios de clasificación de los componentes del rodal y al establecimiento de parcelas de diferentes tamaños (Dawkins 1957). Los estudios de plántulas y pequeños brinzales registran árboles de 15 cm a 2 m de alto por clases de altura: la primera clase es de 15 a 33 cm y las clases siguientes aumentan de 33 cm cada una hasta alcanzar 2 m. Los estudios de arbustos y especies de los estratos inferiores consideran brinzales de más de 5 cm dap y 2 m de altura; y los latizales con 5 a 20 cm dap se registran en clases diamétricas de 2,5 cm. Los estudios del estrato superior o del dosel registran árboles de más de 20 cm dap; las circunferencias se miden con cinta de metal hasta una aproximación de 0,25 cm. A los árboles medidos se les pinta un anillo en el punto mismo de medición con pintura permanente para asegurar que las mediciones subsiguientes sean comparables. Los árboles se clasifican por la condición y calidad de la copa.

El tamaño mínimo de las parcelas de Uganda ha sido un cuadrado de 20 m x 20 m (Dawkins 1957). Para los estudios de regeneración y supervivencia de árboles de hasta 20 cm dap se usan cuadrados únicos. Para analizar los efectos silviculturales en el estrato inferior se usan parcelas de 10 m x 100 m o de 60 m x 80 m, y se ubican dos cuadrados al azar en cada parcela. Para un tratamiento más extenso del sotobosque se puede ubicar cuatro cuadrados dentro de un cuadrado de 80 m x 80 m. Para estudios del estrato superior sin talarrasa, se ubican nueve cuadrados en el centro de una hectárea cuadrada. Para tratamientos drásticos del dosel se evalúa un área de 400 m x 400 m a lo largo de dos transectos de 20 m de ancho, cada una con 20 cuadrados.

Para experimentos que miden las reacciones (en términos de crecimiento) a los tratamientos, el tamaño de la parcela se debe basar en el número de árboles que deben quedar al final del experimento, después de raleos repetidos u otros tratamientos. En Europa, la práctica recomendada es usar parcelas replicadas con no menos de 100 árboles medidos cada una (Assman 1970). En bosques tropicales mixtos donde se estudian unas pocas especies, un requisito tal podría dictar parcelas muy grandes o transectos largos.

En un simposio realizado en la India en 1965 se recomendaron las siguientes prioridades de investigación para el bambú (Anón. 1965g):

- Comportamiento del crecimiento y desarrollo de la cepa, edad de máximo contenido de celulosa; solidez y longevidad de las cañas; desarrollo de las raíces y competencia con árboles vecinos; floración y medidas para demorarla o inducirla.
- Necesidades de nutrimentos, absorción y reciclaje.
- Ecología del florecimiento gregario.
- Identificación analítica del bambú.
- Propiedades de resistencia relacionadas con la edad y localidad.
- Especies arbóreas idóneas para ser mezcladas con el bambú.
- Técnicas del inventario.
- Estadísticas de crecimiento y rendimiento.
- Mejoramiento genético.
- Ciclos óptimos de corta e intensidad de la tala.
- Técnicas para reducir la congestión de la cepa.
- Efectos de los fertilizantes.

Adaptabilidad de las especies

La gran cantidad de especies arbóreas (tanto nativas como exóticas) que crecen bien en los climas tropicales y la gran variedad de condiciones de los sitios han conducido a extensos programas de ensayo y error con resultados contradictorios. Se han usado semillas con muy poca información sobre las especies, que han resultado en plantaciones en sitios improbables y el consecuente rechazo de especies con base en evidencias poco concluyentes. Los resultados de plantaciones a gran escala, basadas en pruebas de este tipo, son evidentes en Puerto Rico, donde después de plantar 65 millones de árboles durante 37 años, sólo el 3% seguía en pie en 1958 (Marrero y Wadsworth 1958).

Un enfoque más sistemático para ensayos de especies se usó en 1962, en lo que hoy es Zambia (Cooling 1962b).

El enfoque consistió de los siguientes pasos: 1) selección de especies con base en datos publicados, 2) introducción y ensayo preliminar, 3) determinación del crecimiento y rendimiento, 4) respuesta a variaciones edáficas.

Las pruebas preliminares se efectuaron en dos parcelas contiguas de 0,4 ha, a excepción de sitios donde la variación era más pronunciada. En otros lugares, quizás se necesiten más réplicas. Donde los cambios estacionales eran mayores se necesitaron réplicas durante un período más largo. El espaciamiento era generalmente 1,8 m x 1,8, o 1,8 m x 2,7 m donde era posible la limpieza mecanizada. Se evaluaron parcelas de 35 a 64 árboles para determinar la supervivencia, vigor, salud y forma; anualmente se midieron el dap y la altura de los árboles durante los primeros cinco años. A esa edad ya se podía seleccionar las especies. En algunos casos fue necesario continuar las observaciones durante 10, y aún 15 años (Cooling 1962b).

Las parcelas de crecimiento y rendimiento de este estudio se usaron sólo para especies seleccionadas en las pruebas iniciales, y fueron de 1 ha cuadrada, con una parcela interior de medición de 0,2 ha. Estas parcelas no se replicaron pero se situaron lo más representativamente posible. Se midieron la altura, el dap, la forma y el vigor. El volumen raleado se midió para facilitar la determinación del rendimiento. Esta información ayudó en la selección final de las especies y permitió clarificar los beneficios y costos del raleo y la poda, así como la rotación probable (Cooling 1962b). Finalmente, se efectuaron ensayos de uniformidad en diferentes condiciones del sitio para comparar desempeños.

Las experiencias con ensayos de especies en Kenia se basaron en un enfoque distinto (Edwards y Howell 1962). El primer paso fue de desarrollar un “arboreto” donde se establecieron unos pocos árboles de cada especie prometedora para determinar si eran adecuados para efectuar otras pruebas. Las especies promisorias se establecieron en “huertos forestales” bajo condiciones favorables, para evaluar hábitos de crecimiento y desempeño. Luego, se efectuaron experimentos con árboles en parcelas ubicadas al azar en pares o en mayores cantidades. El paso final fue establecer plantaciones en gran escala.

Estas experiencias demostraron lo importante que es clarificar de entrada los objetivos de plantación,

clasificar los climas y suelos y obtener toda la información disponible sobre la nueva especie. En lo posible, se buscó trabajar con semillas de al menos tres procedencias lejanas entre sí. No se perfeccionó el tratamiento de las semillas ni las prácticas de vivero hasta que los primeros ensayos comprobaron la idoneidad de las especies (Edwards y Howell 1962).

En el África oriental, se pensó que la etapa de arboreto involucraba demasiadas especies como para que sus resultados fueran útiles y por lo tanto, generalmente no se usaba (Leuchars 1962). En el segundo paso se usaron parcelas de 0,04 ha, que eran más simples y evitaban “un alto virtuosismo estadístico poco relevante”. En este paso se pueden usar bloques al azar, completos o incompletos. Así, si la cantidad de plántones disponibles es limitado, no es necesario ensayar todas las especies en todos los sitios. Generalmente, se efectuaron pruebas en más de un sitio, pudiendo haber varias réplicas por sitio o por tiempo. Si se tienen de cuatro a siete especies, el uso de cuadrados latinos es más preciso que el de bloques al azar, porque el número de especies, filas y columnas son iguales. De otro modo, se puede usar un diseño de cuadrados latinos incompletos. El uso de parcelas divididas puede servir para varios años de plantado en cada cuadrado del cuadrado latino o patrón de bloques. La última fase tiene que ver con el espaciamiento, poda y raleo; esta es de mayor escala y quizás requiera menos réplicas (Leuchars 1962).

La práctica en Uganda ha incluido parcelas de arboreto de 10 m x 10 m, con 25 árboles por especie. Las mediciones de altura se limitan a dos árboles dominantes por parcela (Kriek 1967a hasta 1967h). Para ensayos de especies, se usó una serie de parcelas cuadradas de 0,04 ha, donde se plantaron 64 árboles con espaciamientos de 2,4 m x 2,4 m. Se midió dap y altura de los 16 árboles interiores de la muestra; se comenzó con un dap de 7,5 cm y se remidió cada dos años. Los incrementos medios anuales se determinan periódicamente.

En la India, se han efectuado ensayos de eliminación de especies para dos a cuatro árboles con seis réplicas. Se usaron bloques incompletos de no más de 0,5 ha (para evitar variaciones locales de sitio) (Ganguli 1967). En los ensayos con pinos, se reconoce la importancia de las procedencias y de la presencia de micorrizas.

Los ensayos de especies en tres etapas fueron propuestos por Morandini (1968). La primera etapa, pruebas de eliminación, puede involucrar muchas especies con muchas repeticiones en varios sitios. A continuación se establece una red de parcelas experimentales con las especies más prometedoras a una escala suficiente como para poder determinar el volumen de producción. Finalmente, se efectúan pruebas con cada especie escogida para determinar cuáles son las mejores procedencias.

El diseño de los ensayos de especies se ha desarrollado de manera independiente en varios países tropicales durante los últimos 20 años. Cinco preceptos parecen ser de aplicación universal (Briscoe 1990): 1) definir el rango de condiciones de la prueba, 2) limitar cada estudio a no más que unos pocos tratamientos simples; 3) ubicar los tratamientos al azar, de modo que la variación entre los bloques sea mínima, 4) replicar cada tratamiento (preferiblemente cuatro veces), 5) registrar todo lo programado y ejecutado.

Los ensayos de especies con eucaliptos han arrojado la recomendación de cuatro principios (Anón. 1963c): 1) los rodales de donde se obtienen las semillas se deben describir cuidadosamente, 2) las prácticas de vivero para cada especie deben ser comparables, 3) los estándares del rechazo deben ser uniformes para todas las especies, 4) las pruebas de eliminación de especies deben abarcar la más amplia gama de sitios. El cumplimiento de este último requisito pasa por un levantamiento detallado del terreno, e incluso descripciones del clima, tipo de suelo, topografía e historia del uso del terreno. Las pruebas posteriores de crecimiento se pueden efectuar en un número más limitado de sitios, pero con la variación más extensa posible.

En el caso de los eucaliptos, las parcelas para pruebas de eliminación de cuatro, seis o nueve árboles han sido suficientes en algunas zonas, sin necesidad de hileras de protección (Anón. 1963c); lo que se hace es dejar hileras en blanco entre parcelas. Por el contrario, las pruebas de crecimiento han requerido parcelas de 16 a 100 árboles, dependiendo de la rotación del estudio. Generalmente, las parcelas cuadradas son aceptables porque minimizan la competencia intra-parcela a lo largo de un borde dado, aunque eran necesarias las hileras de protección y tener más de una parcela de cada especie por sitio. El número necesario de réplicas depende del tamaño de las diferencias que se

consideran importantes y de la precisión que se desea alcanzar.

El número de réplicas necesarias para detectar los distintos grados de precisión en términos de un porcentaje del promedio se indican en el Cuadro 9-4 (Anón. 1963c). Por ejemplo, en un experimento cuya precisión esperada es del 10%, y en el que una diferencia del 12% es significativa, se necesitarían seis réplicas, que se podrían distribuir en seis bloques de ocho especies cada uno.

El nivel de precisión se puede estimar siempre y cuando se tenga una experiencia adecuada. Si ese no es el caso, quizás sería aconsejable confinar el trabajo inicial a ensayos pilotos diseñados para determinar la precisión en trabajos posteriores más formales.

La distribución al azar (aleatorización) de las parcelas de especies en cada experimento es esencial para obtener cálculos válidos del error experimental (Anón. 1963c). La distribución al azar debe ser estricta y no esporádica, o se deben usar otros dispositivos de mayor objetividad para determinar la ubicación. Las condiciones del suelo podrían afectar la disposición del experimento. Dentro de las parcelas distribuidas al azar, el diseño debería minimizar las variaciones de vegetación, suelo o uso anterior. Las parcelas deben agruparse en bloques, de modo que cada uno contenga un juego completo de comparaciones (o especies); estos grupos se llaman "bloques distribuidos al azar". Donde las variaciones del sitio presentan dos direcciones distintas (ladera y aspecto), lo indicado es usar el cuadrado latino con cada especie en cada hilera y columna, si el número de especies y tratamientos es igual. Si no es el caso, se recomienda el cuadrado latino incompleto o el diseño reticular. Sin embargo, la completa estandarización de los diseños experimentales no se considera ni necesaria ni deseable.

Durante la reunión de la Comisión Forestal de Latinoamérica en Trinidad en 1967, un sub-comité técnico solicitó que se coordinaran y estandarizaran las pruebas de especies en el neotrópico (Anón. 1968a). Las siguientes recomendaciones todavía son válidas. La meta de la selección es elegir especies que: 1) están bien adaptadas al sitio y permanezcan sanas durante la rotación programada, 2) produzcan tasas de crecimiento y rendimiento aceptables, 3) produzcan materia prima

apropiada para los objetivos definidos, con flexibilidad para adaptarse a las cambiantes demandas del mercado.

Los pasos administrativos en el desarrollo de un programa de ensayo de especies típicamente son los siguientes:

- Definir con claridad el objetivo de las investigaciones, y que el personal de investigación lo entienda bien.
- Preparar un plan escrito para la investigación.
- Revisar el plan para asegurarse de que: refleje con precisión el objetivo; especifique los recursos adecuados; programe las operaciones según su urgencia y recursos; proporcione datos y antecedentes adecuados para la selección de sitios y especies; proporcione datos adecuados para el diseño de las estadísticas; proporcione estándares meticulosos para las prácticas de cultivo, y permita la ejecución de experimentos adicionales sobre técnicas de cultivo.
- Obtener la aprobación oficial del plan y un compromiso de apoyo y respaldo.
- Informar de los avances regularmente, la función del plan original o a las modificaciones necesarias.

Cuadro 9-4.—Diferencias de significancia (expresadas como porcentaje del promedio) obtenidas en experimentos de precisión y número de réplicas dadas (%)

No. de réplicas	Precisión estimada del experimento (% promedio)				
	5	10	15	20	25
2	10 ^a	20	30	40	50
3	8	16	24	33	41
4	7	14	21	28	35
5	6	13	19	25	32
6	6	12	17	23	29
8	5	10	15	20	25
10	4	9	13	18	22
15	4	7	11	15	18
20	3	6	9	13	16
25	3	6	8	11	14

Fuente: Anón. 1963c.

Nota: Los números indican la diferencia porcentual de la significación.

del experimento; 2) flexible, o sea que es capaz de adaptarse a las irregularidades del sitio; 3) simple, o sea que puede ser efectuado por un personal de campo poco adiestrado. Se recomiendan bloques distribuidos completamente al azar, a menos que las circunstancias sean fuera de lo común.

El primer paso en el ensayo de especies es obtener información básica de los sitios donde serán plantadas, incluyendo clima (especialmente precipitación total y estacional), suelo (especialmente condiciones físicas), topografía, vegetación y uso o abuso previos. La escogencia siguiente de especies se basa en la extrapolación de datos de una localidad a otra.

La variación intraespecífica puede modificar los resultados de estas pruebas. No puede decirse que la muestra de una especie es representativa de la especie en general hasta establecer cuán extensa es la variación entre sus distintas poblaciones (Harper 1977).

Aún cuando se tenga todos los datos comparativos necesarios (lo que es muy raro), sería muy imprudente proceder de inmediato con una plantación a gran escala. Con parcelas experimentales más pequeñas se pueden obtener datos más precisos que con un bloque de 1000 ha, y además, a una fracción del costo. Existe un argumento sólido por continuar haciendo pruebas de especies adicionales que pueden resultar superiores o que al menos proporcionen la posibilidad de alternativas que mejoren la diversidad.

A medida que los ensayos de especies proporcionan mayores datos sobre sitios y especies, se puede progresar de la comprobación de muchas especies a unas pocas, y del uso de parcelas pequeñas a parcelas grandes. Las tres fases de la secuencia son: eliminación, prueba y comprobación (Anón. 1968a).

La fase de la eliminación abarca todas las posibles especies, a menudo de 20 a 40 en América tropical. El objetivo es reducir la cantidad de especies para ensayos más específicos. La supervivencia y las tasas iniciales de crecimiento constituyen los criterios principales. La cantidad de especies posibles seleccionadas depende de la calidad del sitio, del tamaño de la futura demanda del mercado, y de la disponibilidad de semillas, personal y fondos. Las pruebas consisten de parcelas pequeñas de 1 a 25 árboles. En las parcelas de un sólo árbol no se da un aislamiento entre especies, lo que permite

economizar en términos de área, pero que puede afectar a especies que no son precoces si se ubican al lado de otras que sí lo son. En una parcela de 25 árboles, si sólo se miden los 9 árboles centrales (3 m x 3 m), se puede eliminar la interferencia externa.

Las limitaciones de terrenos y fondos a que está sujeta la investigación forestal ha conducido a que usen parcelas de un sólo árbol (Shiue y Pauley 1961). En Puerto Rico se ha usado un diseño reticular con 16 hileras de un árbol de cada especie por hilera, replicado en cada sitio. La mortalidad en estos experimentos constituye una pérdida de parcelas, lo que hace que el análisis sea más complicado que en las parcelas con más árboles, donde el efecto de la mortalidad es sólo parcial (Wollons 1980).

En la fase de prueba sólo se usan las especies prometedoras. El objetivo es relacionar el desempeño de la especie con las diferencias de sitio. Parcelas de 25 a 144 árboles varían de tamaño de 0,02 a 0,10 ha. Una parcela generalmente recomendada contiene 121 árboles (11 x 11) con una franja de aislamiento de 2 hileras, lo que deja 49 árboles (7 x 7) útiles. Hasta el momento del primer raleo se mide el crecimiento en diámetro y altura y el área basal.

En la fase de comprobación el objetivo es confirmar (para condiciones normales de plantación) los resultados obtenidos con las especies superiores, por lo general entre una y tres. Lo que se intenta es determinar cuál es el mejor manejo para la producción de madera. El tamaño de la parcela dependerá de la gama de tratamientos de raleo a ser evaluados y puede variar de 0,4 a 5,0 ha, con franjas de aislamiento de hasta cinco hileras.

Para las pruebas de eliminación en parcelas de un sólo árbol, se debe ubicar sólo una parcela en cada zona climática (no edáfica). En cada sitio deben haber 12 réplicas (árboles) por especie. Cada réplica puede ser una hilera única de árboles con un ejemplar de cada especie. Con parcelas de 25 árboles, la única diferencia es que la cantidad de réplicas dentro de cada zona no es más de cuatro.

En la fase de prueba, los distintos sitios o tipos ubicados en cada zona de vida se comparan con dos o más grupos de parcelas. Para cada ubicación se recomienda establecer al menos tres parcelas de réplicas. Para la

fase de comprobación final, después de las comparaciones de ubicaciones, y ya que se han usado parcelas grandes, por lo general no se deben hacer otras réplicas geográficas.

Las prácticas de medición de los árboles varían con la naturaleza de la prueba. En parcelas de eliminación de un árbol, se mide la altura a los seis meses, al final del primer año, y anualmente hasta que el dap promedio alcance 5 cm; en ese momento comienzan las mediciones anuales del dap. En parcelas de 25 árboles sólo se miden las alturas de dos de los árboles dominantes de la parcela interior de 3 x 3 antes de que alcancen un dap promedio de 5 cm; a partir de allí, se miden anualmente las alturas de estos dos árboles y los diámetros de los nueve árboles.

Las mediciones en la fase de comprobación (parcelas de 121 árboles) se confinan a las 7 x 7 hileras interiores. Las alturas de los 250 árboles más altos por hectárea (8 por parcela) se miden anualmente hasta los cinco años. Los diámetros de todos los árboles se miden anualmente después de alcanzar un promedio de 5 cm. Un esquema similar también es adecuado para efectuar pruebas de comprobación, siempre que se hagan disposiciones para la numeración permanente de los árboles, la medición antes y después del raleo y la tala y medición completa de los árboles de muestra para la determinación de volúmenes.

La utilidad de estos estudios disminuye una vez obtenido su propósito principal. Las pruebas de eliminación pueden servir su propósito en un plazo de tres a cinco años; las pruebas de ensayo durante cinco a diez años; y las pruebas de comprobación, al final de la rotación práctica. Las medidas que se toman después de estas edades podrían tener algún valor, pero no para los objetivos originales de la prueba.

La guía de la FAO (Anón. 1968a) agrega otro punto a la discusión del uso de especies estándares para efectos de comparación. La mayoría de los ensayos de especies se hacen para encontrar nuevas especies superiores a las que ya se conocen; por eso es necesario incluir las especies que ya se consideran mejores en la prueba de cada nueva especie.

Inevitablemente, las pruebas de especies toman mucho tiempo. Quizás, es necesario repetir las pruebas para comparar estaciones y clima, particularmente donde hay una época seca marcada. No se puede establecer con

certeza absoluta la adaptabilidad de una especie hasta después de una o más rotaciones. Aún más tarde, suelen aparecer problemas relativos a insectos o enfermedades.

Las experiencias en Australia han demostrado lo necesario que es apegarse estrictamente a los requisitos estadísticos de replicamiento y distribución al azar, y de establecimiento y mantenimiento de las parcelas (Wollons 1980). Sin réplicas, no es posible comprobar las hipótesis ni obtener estimados precisos. Los tratamientos donde no han habido réplicas siempre muestran una predisposición hacia un resultado único que puede conducir a que se tomen decisiones de manejo erróneas. Si las réplicas son pocas y las variaciones de los fenotipos arbóreos son grandes, el valor de los experimentos puede ser limitado. Donde no existen antecedentes disponibles, un posible enfoque es establecer una serie de parcelas uniformes por un período de 2 a 5 años, para comparar las variaciones entre especies en un sitio. Estos datos se pueden usar más tarde para predecir variaciones posteriores.

En los trópicos, muchos tratamientos se ven seriamente afectados por la estación y el sitio, lo que significa que las reacciones generales sólo se pueden evaluar con una serie de pruebas (Wollons 1980). Las comparaciones entre bloques, donde las variaciones entre bloques pueden mantenerse a un mínimo, dan una mayor sensibilidad a las variaciones que la obtenida con una distribución al azar. También se enfatiza la necesidad de mantener la parcela bien cuidada a través de la rotación entera (Wollons 1980). Los problemas que no se pueden anticipar se relacionan con enfermedades y ataques de insectos, pastoreo, incendios, daños causados por la fauna, competencia de las malezas y errores de manejo. Debido a estos problemas, es prudente buscar desde el principio indicadores de predicción del futuro desempeño. Por ejemplo, para ciertos pinos mexicanos, el crecimiento en altura al primer año puede estar fuertemente correlacionado a la altura en el quinto año (Barrett 1970). Tales índices son importantes para quienes no quieren esperar hasta el resultado final de las pruebas de especies.

Cuando una especie ha sido seleccionada tentativamente, se necesitan mayores investigaciones para desarrollar las mejores técnicas para su establecimiento. Esto se puede hacer mediante una serie de estudios de corto plazo. En África oriental, se ha usado un espaciamiento uniforme de 1 m x 1 m y hasta 100 árboles por tratamiento (Stuart 1955). Plantones de vivero de buena calidad se plantan en suelos bien

preparados y fertilizados (Griffith y Howland 1962). Las raíces se podan vertical y horizontalmente cada dos semanas. La plantación se establece al inicio de la estación húmeda, a una profundidad algo mayor que la del vivero. Se evita exponer las raíces y la limpieza de malezas es intensiva, eliminando todas las hierbas de raíces profundas.

Un manual completo de investigación de especies y procedencias tropicales (Burley y Wood 1976, 1977) se halla disponible como guía general para gran parte de los trabajos. Este manual recomienda efectuar pruebas de procedencias junto con las pruebas de especies, debido a variaciones intraespecíficas que podrían ser significativas en comparación con otras especies. El manual enfatiza la necesidad de estudiar a fondo los siguientes temas: población base, variación genética, evaluación del sitio (tanto de las fuentes de semillas como de los sitios de pruebas), diseño experimental, prácticas de propagación y evaluación de resultados.

Propagación de árboles y regeneración artificial

Se necesitan muchas investigaciones sobre la propagación de árboles y sobre la regeneración artificial; muchos problemas son universales, pero distintas soluciones podrían ser mejores en distintos sitios. Un primer paso lógico (pero generalmente subestimado) es hacer una revisión completa del desempeño de cualquier plantación existente, bajo condiciones similares a las de la regeneración propuesta (Hinds 1952).

Con una extensa variedad de problemas que necesitan estudio, es esencial dar prioridad a la región y programar los estudios en secuencia, comenzando con el más urgente. Las instituciones de investigación pública pueden guiarse mediante el proceso de análisis del problema, en que se evalúan todos los factores que contribuyen a la importancia relativa de los distintos problemas y de los beneficios relativos que su solución es capaz de engendrar.

La complejidad de la investigación que la forestería tropical requiere no se debe subestimar. Esto lo ilustran los casi 40 años de investigación sobre la adaptabilidad de *Cedrela odorata* en Trinidad (Beard 1942). *C. odorata* es abundante en los bosques semiperennes de Trinidad. La investigación de su regeneración comenzó en 1905. Se intentó establecer a la especie mediante especímenes de plantas silvestres y siembra directa de semillas, pero se abandonó después de pérdidas frecuentes debido a

los incendios. Luego, la especie se plantó con cultivos alimenticios y en los claros creados por el sistema de dosel protector. En 1923, estos intentos también se consideraron fracasados; si bien la especie tuvo un buen comienzo, se presentaron problemas con insectos y enfermedades. En 1924, se hicieron pruebas con distintas intensidades de luz, abono y mezclas de especies, pero de nuevo se fracasó. El trasplantado durante la estación seca, cuando los árboles no tienen hojas, dio buenos resultados inicialmente, pero luego todos los árboles murieron. En 1929, se discontinuó la limpieza completa del terreno porque se pensó que *C. odorata* necesitaba un abrigo vegetal; los resultados fueron desalentadores. En 1933, se llegó a la conclusión de que *C. odorata* crecía vigorosamente en bosques perennes durante 18 meses y en bosques semi-perennes durante tres años. Las investigaciones del suelo no fueron concluyentes; la adición de nitrógeno (N), fósforo (P), potasio (K), calcio (Ca) y magnesio (Mg) no mostró un mejor crecimiento de *C. odorata* con fertilizantes que con agua común y corriente. Se pensó que el problema principal era la humedad del suelo, porque los árboles con frecuencia perdían sus hojas durante la estación lluviosa. En 1945, se llegó a la conclusión de que el establecimiento exitoso de *C. odorata* quizás requiera años más de investigación por parte de los fisiólogos de plantas y químicos del suelo; sin embargo, la especie es tan valiosa que cualquier éxito resarciría todos los esfuerzos (Cater 1945). Por lo tanto, los problemas de producción de *C. odorata*, una especie americana que tiene mucho éxito en algunas partes del África, todavía permanecen sin resolver en gran parte del neotrópico.

Uso de fertilizantes

El uso de fertilizantes en viveros y plantaciones generalmente se ha considerado deseable (Qureshi y Yadar 1967). En muchas zonas, sin embargo, la aplicación de fertilizantes ha sobrepasado toda base científica para su uso. Con frecuencia se ignora el análisis previo de la fertilidad del suelo. Las pruebas agrícolas estándar del suelo pueden ser de cierta utilidad, pero no están orientadas a las preocupaciones importantes de la forestería, como período de crecimiento, profundidad de las raíces y requisitos fisiológicos. Los ensayos con fertilizantes (Qureshi y Yadar 1967) que se necesitan generalmente incluyen: 1) dosis de NPK, solos o en combinación; 2) comparación entre fertilizantes inorgánicos y abono orgánico; 3) momento oportuno de aplicación y edad del cultivo en que las aplicaciones de fertilizante deben cesar; 4) frecuencia y método de la aplicación.

Los estudios con *Pinus elliottii* en el sur de EE.UU. demuestran lo complejas que son las investigaciones de fertilización (Mead y Pritchett 1971). Estudios en seis suelos demostraron una correlación débil entre el comportamiento de la especie en el campo y en las parcelas. Ninguna medida de la respuesta de las plántulas a los tratamientos (altura, diámetro o peso seco) se correlacionó de manera consistente con el promedio de altura del árbol en el campo. La correlación entre las alturas de árboles experimentales en envases a las de árboles en el campo eran pobres después de tres años y sólo un poco mejores después de siete años. Así que, aunque los experimentos de invernadero son útiles para estudiar los síntomas de las deficiencias y para determinar las limitaciones de nutrientes, los resultados que pronostican la reacción a los fertilizantes en el campo se deben usar con cautela.

Las investigaciones futuras con fertilizantes deberían involucrar estudios de micorrizas debido al efecto de estas en la asimilación de nutrientes. El deterioro de las micorrizas en plantaciones de segunda rotación de *P. patula* en Suazilandia (Robinson 1973) sugiere lo importantes que son estos organismos.

Espacio de crecimiento

Gran parte de la silvicultura está dedicada a proporcionar un espacio de crecimiento adecuado para los árboles individuales. Las técnicas experimentales que estudian las reacciones al espaciamiento se han comprobado extensamente en los trópicos, aunque es común ver un diseño experimental pobre. Los estudios de rodales naturales requieren objetivos claros desde el inicio y un número fijo de árboles vivos medidos en una amplia gama de espaciamientos (Smith 1959). En plantaciones, el uso de un número constante de árboles para cada espaciamiento es más eficaz que una parcela de superficie uniforme con un número variable de árboles. Debe haber un número igual de árboles residuales después del raleo final de cada tratamiento. Un número final común ha sido 49 (7 x 7), con una franja de amortiguamiento de dos hileras (Smith 1959).

Vuokila (1965) señala algunas complicaciones de la investigación sobre raleos. Se necesitan parcelas permanentes, incluyendo algunas extras, para determinar las reacciones a los raleos. La precisión de los estudios a largo plazo sufre cuando hay cambios frecuentes de personal. Los procedimientos de campo o de cálculo cambian antes de terminar los estudios. Los cálculos sucesivos de volumen durante períodos cortos a veces

están sujetos a un margen de error demasiado grande como para medir el crecimiento con exactitud. Los tratamientos que mejor ilustran las reacciones biológicas pueden no ser prácticos para una aplicación más extensa. Distintos intervalos de raleos requieren que se comparen los crecimientos de distintos períodos en relación al tiempo y al clima. Las parcelas replicadas aumentan los costos en buena medida.

Dos desarrollos ingeniosos en cuanto a técnicas de investigación del raleo son los métodos de tendencia de curva correlacionada de O'Conner (1935) y el diseño de tratamientos de parcelas clinales de Pudden (Borota y Procter 1967, Dawkins 1960, Vuokila 1965). El método de O'Conner se basa en el concepto de que las tasas de crecimiento de distintos árboles, ubicados en una gama de espaciamientos, pueden relacionarse desde antes que la competencia empiece a afectarlos; así, a medida que la competencia comienza a restringir el crecimiento de los árboles en los espaciamientos más cortos, ese grado de restricción se puede determinar comparando el desarrollo de ese árbol con los árboles en espaciamientos no limitados. Tales estudios de espaciamiento hacen posible el desarrollo de regresiones para: 1) predecir las tasas de crecimiento medio de los árboles de cualquier tamaño ubicados en cualquier espaciamiento, 2) definir los espaciamientos necesarios para alcanzar el tamaño maduro en un tiempo dado con base en el tamaño actual del árbol.

En el diseño de parcelas clinales de Pudden se usan dos métodos: parcelas estrechas rectangulares o círculos concéntricos, en una secuencia de espaciamientos con diferencias tan pequeñas entre tratamientos adyacentes que no se necesitan franjas de aislamiento (Dawkins 1960). Una sola hilera de árboles se planta alrededor de la parte exterior de la parcela. Esta técnica se ha criticado con razón porque no está distribuida al azar, pero si se la replica, el diseño de la parcela todavía es una fuente confiable de datos preliminares sobre los espaciamientos óptimos de los distintos tamaños de árboles. La disposición rectangular de Pudden también se puede usar para el raleo, con tratamientos progresivamente más intensos adyacentes unos a otros. El raleo más intenso, según el cual deben quedar de 5 a 10 árboles por parcela, dicta el tamaño mínimo de parcela (Dawkins 1960).

La Fig. 9-4 ilustra la disposición de un estudio de raleo clinal (Borota y Procter 1967). La programación del raleo se puede establecer según el Cuadro 9-5.

Briscoe (1990), en un excelente manual de investigación de campo, ilustra el diseño de estudio de espaciamiento circular de Nelder (1962), según se muestra en la Fig. 9-5. Según su descripción, los árboles se disponen en forma circular, estableciendo un ángulo fijo entre los rayos y cada árbol en la circunferencia, las distancias entre los árboles aumentan con la distancia desde el eje.

La experiencia en Surinam llevó a que se efectuaran raleos sistemáticos y se establecieran parcelas de rendimiento en las plantaciones (Voorhoeve y Schulz 1968). Estas dos prácticas proporcionan promedios e incrementos medios anuales periódicos de diámetro, altura y volumen; diferencian entre clases de sitio y dan información de volumen y rendimiento y prescripciones para el raleo. Los datos se generan en parcelas de 10 m x 10 m, aisladas mediante una franja de 10 m de ancho u ocho hileras de árboles. El espaciamiento se expresa en términos del índice de espaciamiento (S%) ya descrito.

Pruebas en lo que hoy es Malasia con *Ochroma lagopus* con un espaciamiento ancho (4,3 m x 4,3 m) demuestra que una sola hilera límite es suficiente para aislar la plantación (Wycherley y Mitchell 1962).

La poda es menos frecuente que el raleo en los trópicos, aunque puede ser muy importante en las plantaciones de especies coníferas. Con muchas angiospermas, la poda puede efectuarse meramente mediante el control del espaciamiento. Sin embargo, se sabe demasiado poco sobre los efectos, beneficios y resultados económicos de la poda. Se necesitan más investigaciones para determinar si las distintas especies deben ser podadas, su reacción a la poda, el efecto de la poda en la forma del árbol, el momento oportuno para la primera poda, la mejor estación de poda, la velocidad de sanar, los problemas con insectos y pudrición y los efectos de la poda sobre el crecimiento y la ramificación epicórmica (Laurie 1941e).

Mejoramiento de los árboles

En general, la extracción de madera en los bosques tropicales húmedos es muy selectiva, ya que sólo se extraen los mejores árboles. Aunque la calidad de los árboles en los ecosistemas naturales es mucho más un reflejo del ambiente que de la herencia, el ambiente puede deteriorar la calidad genética de las cosechas posteriores de semillas, un efecto "disgénico". Por consiguiente, la mejora genética de los árboles es

importante, aunque sólo fuera por contrarrestar ese deterioro (Jasso 1970).

Las recomendaciones generales de las investigaciones para el mejoramiento de los árboles tropicales y para contrarrestar el impacto negativo de los tratamientos forestales incluyen las siguientes (Jasso 1970):

- Explorar y evaluar los géneros y las especies de importancia económica mundial.
- Evaluar la variabilidad de especies que no se explotan y que pueden tener importancia económica.
- Aumentar la investigación sobre la propagación vegetativa, con énfasis en las especies amenazadas por la extinción de sus genotipos.
- Establecer un banco genético forestal en países de donde son nativas las especies importantes, para preservar los árboles de cualidades superiores.

Un objetivo principal de las investigaciones para el mejoramiento de los árboles en los países tropicales debe ser la conservación de germoplasma, tanto en las poblaciones naturales como en los bancos genéticos (Brune y Melchior 1976). Para esto, la conservación de los recursos genéticos debe convertirse en una parte integral de la planificación del manejo y de la práctica forestal (Roche 1975). La conservación "*in situ*" es ideal, ya que su protección se extiende a todos los distintos ecosistemas tropicales. Se deben usar fuentes de genes conservados, tanto para las investigaciones como para la demostración de sus valores.

Debido a la gran extensión de las zonas en el trópico capaces de rendir una producción forestal, aún pequeñas mejoras genéticas pueden aumentar significativamente los beneficios sociales, el valor de la tierra y la producción de materia prima (Fig. 9-6).

Una característica clave del mejoramiento es la naturaleza repetida y acumulativa de las mejoras (Namkoong *et al.* 1980). Se pueden lograr ganancias repetidas a través de múltiples generaciones, que aumentan los rendimientos más allá del máximo alcanzado por la población actual. Los valores han logrado durante la primera generación de la selección ganancias de hasta 30%.

El mejoramiento genético de árboles forestales comienza con el estudio de la apariencia externa de cada individuo (su fenotipo), con el propósito de realzar su

AMORTIGUAMIENTO		10	680			11	35	AMORTIGUAMIENTO	
PARCELAS DE CONTROL PARA VARIACIÓN DEL SITIO		9	560			12	50		
		8	400			13	70		
	ÁREA CIRCUNDANTE	7	280	ÁREA CIRCUNDANTE	ÁREA CIRCUNDANTE	14	100	ÁREA CIRCUNDANTE	
		6	200			15	140		
		5	140			16	200		
		4	100			17	280		
		3	70			18	400		
		2	50			19	560		
		1	35			20	680		
	AMORTIGUAMIENTO							AMORTIGUAMIENTO	

Fig. 9-4.—Diagrama de raleo clinal (Borota y Proctor 1967)

Cuadro 9-5.—Programa de raleos prescritos para el diseño mostrado en la Fig. 9-4 (años).

Densidad final (árboles/ha)	Fustes por ha								
	1,380	990	690	490	345	245	170	125	85
1,680	Sin ralear								
1,380									
990	3 ^a								
690		3							
490		3	4						
345		3	4	5					
245		3	4	5	6				
170		3	4	5	6	7			
125		3	4	5	6	7	8		
85		3	4	5	6	7	8	9	10

Fuente: Borota y Procter 1967.

^aLas cifras indican la edad del raleo en años.

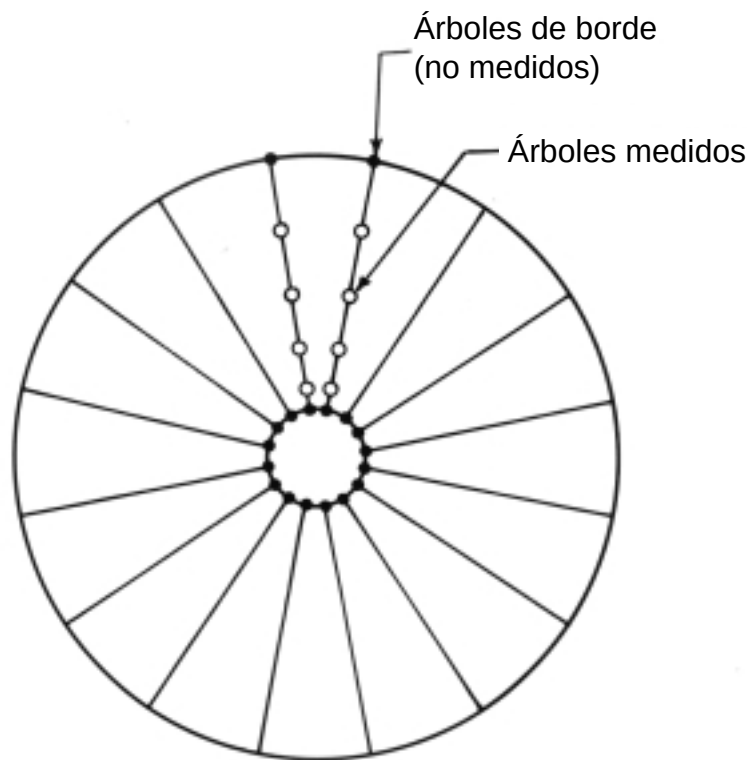


Fig. 9-5.—El diseño Nelder (1962) para estudios de espaciamiento (Briscoe 1990).

aparición mediante la manipulación de las cualidades inherentes o del genotipo del árbol. Debido a la larga vida de los árboles y la cosecha repetida de semillas, o a su capacidad de rebrote, las oportunidades para multiplicar las características deseables son aún mayores que para las plantas de vida corta. Además, es barato mantener las mejoras genéticas en los árboles una vez que se han logrado (Larsen 1956).

La variación natural demostrada por la mayoría de las especies tropicales, a lo largo de su distribución geográfica, indica que la variación genética se puede liberar mediante la manipulación (Namkoong *et al.* 1980). Los problemas yacen en la capacidad limitada de

observar la variación, la dificultad en reconocer las combinaciones de genes de utilidad potencial para el cambio y el riesgo de que se pierda la variación si por alguna razón se destruye el bosque.

La mejora genética esperada depende del “diferencial de selección”, o sea, la diferencia entre la media de un rasgo en un individuo seleccionado y la media en toda la población. Si se escoge más de un rasgo, el diferencial se reduce enormemente por cada rasgo que se añade (Shelbourne 1973).

Idealmente, el mejoramiento de los árboles se debe limitar a especies que se han evaluado durante una

rotación entera, al menos en parcelas de ensayo con no menos de 100 ha en bosques de buenas procedencias (Shelbourne 1973). Cuando sea posible, el índice de selección debería combinar datos sobre la importancia económica de cada rasgo y las perspectivas esperadas para el cambio de cada rasgo mediante la selección genética. Por lo general, se debe efectuar de entrada una determinación con base en una conjetura probable.

La variación entre procedencias de *P. taeda* y *P. elliottii* da raíz a especímenes adaptables o no adaptables (Burley 1966). Algunas de estas variaciones se obtienen al azar, pero la mayoría son clinales, relacionadas con la latitud y longitud. Sin embargo, es posible que las conclusiones con base en las observaciones iniciales se contradigan más tarde; por lo que el proceso debe ser de largo plazo.

Por sí sólo, obtener un rendimiento máximo no es un objetivo apropiado para el mejoramiento de los árboles. La calidad de la madera, junto con la forma y tendencia a la ramificación, si se consideran criterios de selección (Hughes 1973). La selección de las especies debe relacionarse con su desempeño en sitios específicos. En suelos marginales para la producción agrícola, sólo pueden tener éxito los árboles de alta productividad. En otros sitios, la tolerancia a la pobreza del suelo es importante. Se deben desarrollar genotipos cuya productividad sea aceptable con un uso mínimo de fertilizantes y que sin embargo no deterioren el suelo (Bevege 1976). Una base genética amplia también se debe mantener para los propósitos de una selección continua.

Los aumentos en los costos del petróleo han sugerido que las investigaciones genéticas se deben orientar hacia agroecosistemas extensos, de bajos insumos y usos múltiples, para sustituir a la agricultura intensiva que requiere gran cantidad de insumos (Duke 1981). Para esto se necesitan bancos de genes bien adaptados a ambientes marginales. La meta de tales empeños no sería la obtención de rendimientos de un sólo producto, como en el caso de los monocultivos, sino rendimientos múltiples en agroecosistemas multiestratificados y de cultivos intercalados. Las prácticas futuras deben incluir el uso del germoplasma tolerante, cultivos intercalados, reciclaje de residuos, control biológico de plagas y la utilización completa de la producción (Duke 1981).

El costo es crítico en las investigaciones para el mejoramiento de los árboles. A pesar que se prometen



Fig. 9-6.—El crecimiento excepcional de *Gmelina arborea* a los cuatro años en Jari, Brasil, es un ejemplo de las futuras fuentes de mejoramiento genético de los árboles tropicales por medio de las investigaciones modernas.

rendimientos altos y de buena calidad, las investigaciones necesarias requieren la dedicación de científicos altamente especializados y de experimentación a largo plazo. Hay que hacer grandes esfuerzos para mantener los gastos moderados y obtener resultados rápidamente. A continuación se presentan varias posibles maneras de ahorrar (Carlisle y Teich 1975):

- Determinar el nivel mínimo de muestreo que represente la variación genética natural.
- Determinar el período mínimo durante el cual las pruebas deben estar expuestas a variaciones climáticas.
- Sopesar racionalmente el rendimiento y la calidad de la madera.
- Predecir el desempeño de los árboles como adultos a partir de observaciones iniciales.

- Explotar el potencial completo de la propagación vegetativa.

En los trópicos, no se dispone de la mayor parte de información fundamental sobre diferenciales, por lo que se debe suponer a partir de la experiencia en la zona templada con especies similares. Sin embargo, los científicos deben continuar con el mejoramiento de muchas especies tropicales importantes. Una compilación efectuada por un panel de expertos en recursos genéticos forestales de la FAO señala que, para el neotrópico, 43 especies de árboles merecen investigación para su mejoramiento, 14 de las cuales requieren trabajos urgentes (Kemp 1974).

No se puede esperar que la investigación sobre mejoramiento de árboles tropicales prospere en forma individual o regional; se debe tratar de aunar esfuerzos, preferiblemente con base en la cooperación internacional. La mayoría de las especies tropicales ocurren naturalmente y su potencial es significativo en más de un país. Muy pocos países tienen los recursos necesarios para apoyar la investigación altamente especializada que se necesita en mejoramiento genético. Los esfuerzos conjuntos a nivel internacional pueden brindar (Burley y Kemp 1973):

- Información sobre la distribución, variación fenotípica y genotípica en toda la distribución natural de cada especie tropical.
- Suficientes semillas para que todos los países interesados establezcan pruebas de procedencias, adecuadamente diseñadas y replicadas.
- Bancos de genes representativos para la preservación.
- Huertos regionales de mejoramiento.

A pesar de lo necesarios que son los empeños regionales, las evaluaciones del desempeño final constituyen estrictamente una responsabilidad local. Un ensayo de seis procedencias de teca en la India demostró, después de 16 años, que las semillas de la región generalmente producían buenos resultados, pero no eran necesariamente las mejores. Por lo tanto, se tuvo que ensayar cada procedencia en cada sitio (Mathauda 1954a). Las semillas provenientes de sitios húmedos resultaron ser superiores a las semillas de sitios secos.

El impacto del sitio en el desempeño del árbol se ve en las pruebas de *P. caribaea hondurensis* de la misma

procedencia pero cultivada en siete países distintos (Palmer y Tabb 1973). La variación en las características de la pulpa era tan grande que la calidad se podía pronosticar sólo con base en los muestreos de sitio.

El desarrollo de un programa genético para bosques tropicales típicamente comienza con una evaluación de las variaciones genéticas de las especies de árboles comerciales más importantes (Stern y Roche 1974). En los países que no poseen especies comerciales, se puede introducir y ensayar con especies exóticas bajo una variedad de condiciones. A medida que los árboles maduran, se comienza la selección de un árbol de características deseables, y se produce la progenie sembrando las semillas o mediante la reproducción vegetativa. Sin embargo, antes de hacer una selección entre las poblaciones exóticas es muy ventajoso saber como se comportan los rodales al llegar a la edad de la rotación (Goddard 1973). Luego se produce a mayor escala un material de prueba de calidad superior. Se logran objetivos a corto plazo mediante huertos semilleros. Para objetivos de más largo plazo, se necesitan huertos de investigación para conservar una amplia base genética de los genotipos que eventualmente resulten útiles. La fase siguiente es un programa de reproducción que requiere un conocimiento de la biología reproductiva de la especie, basado en observaciones fenológicas (Bawa 1976).

En las primeras etapas del mejoramiento de los árboles, es deseable plantar bloques de casi 2 ha para cada especie o procedencia, como fuente inicial de semillas (Shelbourne 1973). Una vez que se dispone de árboles semilleros de buena procedencia, se recogen las mejores semillas de los mejores individuos en la plantación, o en un área más pequeña de calidad excepcional, raleada hasta un décimo de la densidad original y manejada como zona de producción de semillas.

En un análisis del estado de las investigaciones genéticas con pinos tropicales, Burley (1976) estableció una secuencia ordenada de investigación. El primer paso es estudiar las variaciones en el rango de distribución natural y evaluar las procedencias en ambientes exóticos y nativos. Esta fase, para los pinos tropicales como para muchas otras especies, requiere una cooperación y coordinación a nivel internacional. El siguiente paso es determinar la naturaleza de los sistemas de reproducción de cada especie. Luego, se deben recoger mayores datos sobre la distribución de genes y la estructura de la población, generalmente mediante estudios de

dispersión del polen y de las semillas, y de distribución geográfica de los genotipos. Los métodos para la evaluación de grupos de genes incluyen comparaciones de procedencias y progenies, análisis de las propiedades químicas y de las interacciones entre los genotipos y el ambiente.

Las pruebas de procedencias pasan por las mismas fases que los ensayos de especies (Burley 1969). La primera fase de eliminación suele involucrar 50 o más procedencias; es una comparación simple que se completa a una edad que varía de un cuarto a la mitad del plazo de rotación. Se pueden usar parcelas cuadradas de 1 a 25 árboles. Los criterios principales son la supervivencia y el crecimiento en altura. En la segunda fase, que involucra de 5 a 10 procedencias, se usan parcelas de 49 a 169 árboles con una franja de aislamiento de 1 a 2 hileras. La fase de comprobación involucra parcelas replicadas de 0,5 a 1,0 ha en los sitios principales de cada país. En todas las etapas, el diseño más favorecido es el de bloques completos al azar, con una parcela por procedencia y por réplica. La evaluación se puede hacer a los seis meses, al año durante los primeros tres años y en adelante, a intervalos de 3 a 5 años. Se registran los datos de supervivencia, altura, dap, ancho y profundidad de copa, cantidad y ángulo de las ramas, uniformidad, rectitud del fuste y grosor de la corteza.

Una contribución principal en el mejoramiento de árboles tropicales es el "Manual de Investigación de Especies y Procedencias" compilado por Burley y Wood (1976), a partir de las contribuciones de muchos científicos. La descripción que sigue es una adaptación de esa fuente.

Tres tipos de variaciones naturales resultan en diferencias entre individuos de la misma especie. Una es genética y heredable, como la cantidad de los estambres; otra es ambientalmente inducida, como las variaciones locales en el tamaño de las hojas. La tercera tiene que ver con el desarrollo y se la ilustra mediante las diferencias entre las hojas de los árboles juveniles y maduros.

Las semillas se recogen frecuentemente para mejorar las poblaciones o comparar las procedencias. Una selección cuidadosa de fenotipos escogidos puede beneficiar el mejoramiento de las poblaciones. Para muestras representativas de procedencias, sin embargo, una selección intensiva no es apropiada. Asimismo, las

colecciones para conservar los genes extensamente representados deben provenir de una gran cantidad de árboles.

La selección de rodales para pruebas de procedencias requiere al menos cinco o seis sitios de colección, de manera que haya una buena representatividad de los límites y del centro de la distribución geográfica. Después de determinar la ubicación aproximada de los sitios de colección, se deben elegir rodales específicos lo suficientemente representativos y grandes como para proporcionar buenas muestras. Dentro de cada uno, las colecciones se deben hacer de no menos de 25 árboles. La toma de muestras de varios árboles adicionales es sólo un pequeño costo adicional a los costos de selección de los sitios, acceso y demás. La selección de los árboles también se puede efectuar al azar; sin embargo, no es aconsejable pues no excluye a los árboles enfermos o deformados. Con especies extensamente diseminadas, quizás sea posible efectuar colecciones de la mayoría de los árboles y aún así tener una pequeña cantidad de muestras. En lo posible, se debería recoger de cada árbol la misma cantidad de semillas. Es esencial estar absolutamente seguro del origen de las semillas; por eso, cada lote se debe rotular, indicando el sitio y deseablemente el número del árbol.

En el diseño de experimentos para comparar procedencias, se deben reconocer cinco posibles fuentes de variación:

1. Diferencias genéticas controladas entre las poblaciones que se comparan.
2. Diferencias ambientales controladas dentro de un sitio o entre dos o más sitios experimentales.
3. Variación genética no controlada entre plantas experimentales y entre esas y las poblaciones que representan.
4. Variaciones ambientales no controladas de parcela en parcela o de árbol a árbol, como resultado de las diferencias de suelo, microclima, aspecto, etc., incluyendo algunas diferencias que no se pueden precisar.
5. Error experimental resultante de variaciones aleatorias entre plantas, errores de ubicación de la procedencia en las parcelas e inexactitudes en la evaluación y registro de los datos.

Algunas ventajas y desventajas de los diseños de pruebas de procedencias se resumen en el Cuadro 9-6 (Wright y Andrew 1976).

Si los árboles escogidos para recolectar semillas son demasiado jóvenes, sus características actuales podrían no ser representativas de su calidad y desempeño futuro. En el caso de los pinos del sur de EE.UU., los árboles que alcanzaron una altura y diámetro superior a la edad de 30 años, no se podían identificar con mucha certeza antes de cumplir 20 años y menos aún antes de los 15 años (Wakeley 1971).

Agroforestería

Igbozurique (1971) se manifiesta totalmente a favor de los cultivos mixtos y sus beneficios sociales y físicos en los trópicos: *“El rendimiento no es el único índice de eficacia agrícola, pero no cabe duda que un sistema que produce muy buenos resultados sin el equipo tecnológico estupendo de la agricultura angloamericana, sin los aportes de la vasta mano de obra oriental, y sin la sociología soviética, merece un estudio intensivo. Este llamado es para que se hagan investigaciones ilimitadas con cultivos mixtos”*. Hace falta más investigación sobre las interacciones sinérgicas y antagónicas entre las especies en cultivos mixtos y sus rendimientos sostenibles (Duke 1981).

Un estimado efectuado por Bene *et al.* (1976) señala que más de la mitad de las tierras tropicales, aunque demasiado secas, demasiado quebradas o demasiado rocosas para ser consideradas como arables, son apropiadas para la aplicación de un sistema agroforestal. Aunque existen pocos datos comprobados para apoyar esta aseveración, este es un campo prometedor en el cual se deberían efectuar mayores investigaciones (Alvim 1981).

La investigación en agroforestería requiere un enfoque integrado y de carácter mucho más complejo que la experimentación tradicional (Alvim 1981). Las interacciones entre las distintas especies son generalmente específicas al sitio, por lo que es difícil hacer generalizaciones a partir de conclusiones que provienen de estudios aislados.

Se necesita un mejor equilibrio entre las investigaciones en plantaciones forestales, por un lado y las de cultivos agrícolas, por el otro (Pelzer 1958). La mayoría de los empeños hasta ahora tienen que ver con la intensificación de la práctica en plantaciones. Los

cultivos en colinas han recibido poca atención científica. Si el sistema agroforestal ha de progresar, se necesita una mayor colaboración en materia de investigación entre los forestales y los agrónomos.

Debido a que comúnmente se espera que el sistema agroforestal reemplace (o mitigue) los problemas de la agricultura migratoria en los trópicos, Kellogg (1963) sugirió que las investigaciones deberían comenzar con estudios cuantitativos de los sistemas de agricultura migratoria que existen en la actualidad. Se efectuaron muchos de estos estudios después que Kellogg hiciera su recomendación, pero han sido de alcance local, y sin duda todavía quedan muchas prácticas basadas en la experiencia que la comunidad científica todavía no conoce ni entiende muy bien. Un primer esbozo de tales estudios incluye literalmente cientos de posibilidades de investigación (Conklin 1963). Algunas de interés especial incluyen las siguientes (Newton 1960, Watters 1968a, 1968b, 1968c):

- Consideraciones generales -clima, suelos, factores bióticos, ambiente cultural, tendencias.
- Prácticas de quema -momento oportuno.
- Prácticas de cultivo -momento oportuno, preparación del suelo, preparación de las semillas, cercado, vigilancia, desyerbado, protección contra animales, raleo, abono vegetal, estiércol, cosecha, almacenaje de productos, cultivo secundario.
- Barbecho -necesidad, vegetación preferida, razones de tiempos, procedimientos, uso de leguminosas, relación con el suelo.
- Potencial de los fertilizantes inorgánicos complementarios.

Se prevé un cambio de énfasis en las investigaciones genéticas, como resultado de la mayor atención que ahora recibe la agroforestería (Burley 1980b). El contraste con la investigación en plantaciones industriales es evidente en las siguientes consideraciones:

- Necesidad de una gama de cultivos agrícolas y tratamientos de manejo en combinación con el cultivo de árboles.
- Comparaciones entre la variedad de usos y productos.

Cuadro 9-6.—Ventajas y desventajas de las pruebas de procedencias de árboles en la investigación forestal

Características del experimento	Diseño completamente al azar	Distribución al azar	
		Bloque completo	Cuadrado Latino
Número de réplicas	No necesariamente la misma cantidad para todas las especies	La misma cantidad para todas las especies	La misma cantidad para todas las especies
Número de tratamientos posibles (especies y procedencias)	Limitado, a menos que una cantidad demasiado grande produzca mucha variabilidad	Si son demasiados se puede perder la ventaja de los bloques	Entre 5 y 10; si son menos, el diagrama es difícil de manejar
Establecimiento del ensayo	Fácil	Bastante fácil, pero los bloques son de un tamaño fijo y deben ser cuidadosamente establecidos según su tamaño	Diseño fijo con poca variación posible
Gran variabilidad entre las parcelas	No se puede tomar en cuenta este parámetro	Se debe cuidar la variación en una o más direcciones, dependiendo del diseño de los bloques	Particularmente bueno si la variación se da en dos direcciones
Parcelas perdidas	Ninguna dificultad para el análisis	Poca dificultad, pero cierta pérdida de eficacia	Puede acarrear gran pérdida de eficiencia y dar raíz a análisis complejos
Grados residuales del libertad	Mayor número disponible	Número reducido por el número de bloques	Número reducido por filas y columnas
Diferencias en el tratamiento	El área entera se debe tratar de un modo uniforme	Los bloques pueden ser tratados de manera diferente	El área entera debe ser tratada de manera uniforme si no se desea reducir la eficacia bilateral

Fuente: Wright y Andrew 1976.

- Comunicación activa entre científicos y agricultores.
- Comprobación y conservación de las adaptaciones locales y variedades desarrolladas de muchas especies agroforestales.
- Reconocimiento de que las interacciones entre genotipos de árboles y cultivos agrícolas son tan importantes como los de procedencias arbóreas, pero mucho más difíciles de identificar.

Las prioridades de investigación identificadas en un taller efectuado en Sri Lanka (Shea y Carlsom 1986) están específicamente orientadas a los usos múltiples de

las especies arbóreas pero su importancia es mucho más extensa. Los objetivos de investigación, metas y actividades de alta prioridad se indican a continuación:

1. Selección, mejoramiento genético y conservación de especies
 - A. Selección de especies
 - B. Reproducción de árboles y propagación vegetativa
2. Establecimiento y técnicas de manejo en vivero
 - A. Métodos de recolección de semillas
 - B. Métodos de selección de sitio

- C. Técnicas de preparación de sitio
 - D. Técnicas de establecimiento
- 3. Sistemas de manejo
 - A. Espaciamiento, raleo y rotación
 - B. Consumo de agua
 - C. Interfase árbol/cultivo
 - D. Aclareo por franjas
 - E. Sistemas de irrigación
 - F. Economía de la producción
- 4. Manejo de pestes
- 5. Mantenimiento y mejoramiento de la productividad del suelo
 - A. Cultivo e inoculación con organismos fijadores de nitrógeno
 - B. Evaluación de especies fijadoras de nitrógeno
 - C. Pruebas de campo para determinar el ciclo de nitrógeno y contenido de materia orgánica
 - D. Experimentos con fertilizantes

- 6. Determinación de aspectos sociales, económicos y ambientales

A medida que se acumula información científica sobre las posibilidades de la agroforestería, se debería dar una tendencia hacia la comprobación de sistemas en vez de prácticas meramente.

El capítulo 9 ha reunido el pensamiento sobre las investigaciones forestales tropicales a partir de un gran número de fuentes bajo circunstancias diferentes. Muchas de las prácticas descritas difieren por razones no completamente elucidadas. No tenemos la intención de decidir por el lector cuáles de las alternativas descritas es la mejor para cada lugar. Se presentan todas las experiencias en toda su variedad. Está en manos de los practicantes comprobar y mejorar los juicios que se han hecho hasta la fecha.

Capítulo 10

Implementación

La siguiente pregunta se hace muy a menudo: “¿Podemos manejar los bosques tropicales de forma sostenible?” Algunos de los que responden no están concientes de -o no les causa ninguna impresión- la experiencia acumulada durante un siglo en materia forestal a nivel mundial, y consideran que nuestros conocimientos técnicos son muy inadecuados. Lo que se necesita antes que nada, dicen, es que se efectúen más investigaciones para averiguar los objetivos, regímenes, estrategias y efectos de las futuras prácticas de manejo forestal sobre el ambiente, la población y la economía de los trópicos. Por fortuna, mientras los expertos posponen la decisión, la protección misma sostiene a los bosques y no presenta ningún desafío técnico. Sin embargo, la posposición de las decisiones no asegura que la protección continúe, y con toda certeza no ha de proporcionar los productos forestales que la región necesita cada vez más.

Existen quienes creen que ya se tiene una base tecnológica adecuada para hacer que los terrenos forestales de la región sean productivos de manera sostenible, al menos en sitios donde las condiciones son favorables. A su modo de ver, la tarea parece ser simplemente de comenzar a trabajar con la información disponible. El obstáculo principal es la falta de medios o de voluntad para seguir adelante.

Cualquiera que sea el mérito de estos puntos de vista tan opuestos, algunos aspectos de la situación se pueden ver con claridad. En 1980, 21 881 000 ha de bosques del neotrópico ya se estaban manejando en lo que puede considerarse un nivel sostenible (Anón. 1985e). Esto incluía 14 066 000 ha de bosques legalmente protegidos contra el uso, al menos en apariencia; 522 000 ha de bosques naturales manejados, y que según las expectativas los rendimientos serían sostenibles, y 7 293 000 ha de plantaciones forestales, también manejadas con propósitos de sostenibilidad. El total, sin embargo, constituye sólo un 3,2% de los terrenos forestados de la América tropical, lo que indica que los bosques manejados en forma sostenible son pocos. Además, los bosques se están reduciendo y deteriorando, no porque están mal manejados sino porque no reciben ningún manejo.

Las medidas para restaurar o enriquecer los bosques de gran extensión, cuyas funciones protectoras o productivas se han deteriorado o cesado, parecen justificarse, sin temor a producir daños ambientales irreversibles. Por el contrario, tales medidas deberían

restaurar al menos algunos de los atributos y biota del ambiente tropical, aún si la estructura y composición de los bosques resultantes fueran distintas de las originales.

El cierre de la gran brecha entre la práctica actual y la aplicación completa de las tecnologías de producción forestal constituye una de las medidas más beneficiosas que se pueden tomar en esta región. Una cobertura arbórea en gran parte del neotrópico es esencial para garantizar los recursos de agua necesarios, de los cuales dependen la agricultura y la habitabilidad del terreno. Con la mejora de la productividad del bosque se ayuda a satisfacer la necesidad más urgente de la región: los suministros alimenticios.

La mayor parte de la literatura relacionada con la forestería en los trópicos trata de las consecuencias de las prácticas tecnológicas. Se hace muy poca referencia al desafío de promover la aceptación y el apoyo social para la implementación de tales prácticas. La falta de un apoyo extenso es comprensible; en el pasado, los productos forestales simplemente se tomaban del bosque; pero la sostenibilidad, por el contrario, requiere que se detenga el afán extractivista y se invierta en lo que se considera un futuro remoto. Las dificultades que se enfrentan al tratar de movilizar el apoyo de las comunidades, que se encuentran lejos de los bosques o que perciben como indirecta su relación con ellos, indican que la implementación de los conocimientos técnicos puede ser más difícil que su adquisición. Sin embargo, el agotamiento de los recursos forestales continúa, a pesar de que la distancia y la escasez han empezado a aumentar el costo de los productos forestales.

La implementación de los conocimientos adquiridos de por sí podría generar la necesidad de mayores conocimientos, de perfeccionar y desarrollar nuevas o mejores prácticas. Por consiguiente, el énfasis sobre la implementación no se debe hacer a expensas de la continuidad de investigaciones orientadas a descubrir cuál es el mejor manejo.

Pierre Gourou concluyó que los problemas de los trópicos no son tanto de índole económica, sino de falta de técnicas de organización (Frisk 1979). Basándonos en ese razonamiento, se ve que la clave del progreso es una mejora administrativa.

Los administradores sin experiencia tienden a confundir planes y decisiones con acciones y logros (Phillips

1961). Comúnmente, en todo el trópico, se percibe un gran entusiasmo por el desarrollo industrial por sí mismo. Muy pocos son los líderes gubernamentales de la región que se dan cuenta de que el desarrollo de la agricultura, de la forestería y de las industrias asociadas es un empeño gradual e intrincado que podría fracasar a menos que esté basado en una experiencia, visión y tecnología sólidas, un apoyo financiero consistente y, desde luego, la integración completa.

El éxito de la producción forestal depende, en parte, en evitar las actividades humanas que amenacen los terrenos boscosos. Estas amenazas no se pueden enfrentar en el momento sino que se deben anticipar. La experiencia sugiere varias circunstancias que fomentan tales peligros: 1) un plan nacional del uso de la tierra poco adecuado, 2) una reforma agraria mal llevada, 3) leyes y reglamentos que no se pueden hacer cumplir, 4) una subvaloración del valor ambiental indirecto de los bosques, 5) una falta de preocupación por las limitaciones del suelo, 6) poca atención a las fincas pequeñas, 7) ausencia de cuidado por los recursos acuíferos, y 8) la percepción de que los bosques una vez talados ya no valen más.

La eliminación de tales amenazas requiere los esfuerzos combinados de planificadores, agrónomos, forestales, pedólogos, hidrólogos, líderes gubernamentales y el público en general. En algunos momentos, se pueden presentar situaciones que aligeren el camino; por ejemplo, en Trinidad y Tobago, el 'Land Advisory Committee' formado por los miembros del gabinete gubernamental, urgidos por el jefe del Departamento Forestal, ordenaron la adquisición de la Cordillera Norte como reserva forestal y la protección de todas las reservas, para evitar que fueran adquiridas por las poderosas empresas petroleras (Brooks 1941a). El Departamento recibe ahora el pago del canon petrolero, y además se intensificó la producción forestal en los terrenos reservados.

La secuencia de las políticas y prácticas forestales en los trópicos es semejante para la mayoría de los países, y consiste de los siguientes pasos (Sartorius y Henle 1968, Wyatt-Smith 1959):

- La extracción de la mejor madera en zonas de fácil acceso.
- La caza incontrolada de la fauna silvestre en los bosques.

- La deforestación extensiva para establecer agricultura migratoria.
- La creación de un departamento forestal que controle lo concerniente a parques, agua y fauna silvestre.
- La promulgación de leyes que definen las políticas nacionales de conservación y protección de bosques y fauna.
- El inventario de los bosques a escala nacional.
- La creación de bosques de reserva como parte de un compromiso nacional.
- La protección de las reservas, incluyendo el control del madereo, extractivismo y cultivos agrícolas.
- El desarrollo de incentivos para la producción de madera en terrenos de propiedad privada y para las industrias procesadoras de madera.
- La preparación de planes de manejo para regular la producción y para el aprovechamiento ordenado de la madera pública.
- El levantamiento de planos de suelos a escala nacional y determinación de la capacidad de uso de la tierra.
- Estudios biológicos de los bosques.
- La reserva de tierras forestales que permanecerán sin modificar (algunas como parques nacionales).
- La investigación en ecología, silvicultura y propiedades de la madera.
- La intensificación de la producción de madera para garantizar rendimientos sostenibles en bosques públicos.
- El mejoramiento de las tecnologías de utilización de la madera y de los mercados.
- El establecimiento de programas de educación del público y administración de los bosques públicos con fines recreativos y educativos.
- El fortalecimiento de los planes nacionales dedicados al uso de terrenos y al desarrollo rural, reconociendo

por completo los usos y beneficios que se derivan de los bosques e industrias relacionadas.

El orden de estos pasos es aproximado y en la implementación se podrían traslapar. El ubicar los programas de educación del público casi al fin de la lista no significa que sea de baja prioridad, sino que se reconoce que normalmente las primeras etapas ocupan por completo el tiempo del personal disponible que esta importante función se demora hasta que el programa madura. De hecho, esta demora también puede provocar la postergación del cumplimiento de algunas de las medidas anteriores. Los especialistas no deben suponer que son privilegiados por manejar extensas áreas de terrenos públicos (Ovington 1974); más bien, se debe buscar activamente y ganar la aceptación y el apoyo del público.

Estas medidas de desarrollo dan énfasis a los terrenos públicos porque los propietarios privados generalmente sólo están interesados en una ganancia inmediata. Además, muchos de los beneficios forestales indirectos son esenciales para el bienestar nacional. En toda la región ha habido muy poca protección de bosques de propiedad privada, excepto los que claramente poseen maderas de alto valor.

El primero, e históricamente el más efectivo departamento forestal en los trópicos ha sido el de la India (Parker 1923, Qureshi 1968a). Ya en 1800 habían completado allí un estudio sobre la disponibilidad de teca (*Tectona grandis*). El primer conservador de bosques fue nombrado en 1847. Una política forestal nacional simple pero eficaz se anunció en 1855. Para 1871, ya se estaban preparando los planes de manejo de los bosques de propiedad pública. En 1875, comenzó a publicarse *The Indian Forester*, la revista forestal más antigua de los trópicos. Durante la última mitad del siglo XIX, se comenzaron estudios informales sobre botánica forestal y anatomía de la madera. El Instituto de Investigación Forestal comenzó a trabajar en 1906, específicamente en la elaboración de tablas de volumen, crecimiento y rendimiento. La primera de diez Conferencias Silviculturales de Toda la India se realizó en 1918. Un levantamiento de todos los tipos de bosques de la India y de lo que hoy es Myanmar se publicó en 1936, y en 1948 se creó la sección de Ecología Forestal en el Instituto de Investigación. Durante décadas, el Departamento Forestal de la India trabajó con superávit.

En el neotrópico, ya en las leyes de la Corona Española se encuentran evidencias de inquietud por los bosques de las Indias Occidentales. En la “Ley Primera” de 1513 el rey Fernando V otorgó terrenos con la condición de que parte de ellos se plantaran de árboles (Peyton y Peters 1912). En 1824, el gobierno de Puerto Rico exigió que se dejaran árboles a lo largo de los ríos (Ramos 1866). La Corona promulgó una ley forestal en 1843 (Rodríguez San Pedro 1865). En 1860, se creó un Departamento Forestal y en 1876, se reservaron bosques públicos (Anón. 1907). Desde entonces y hasta fin del siglo, el aprovechamiento de madera en bosques públicos se efectuó por medio de permisos, y se recaudaba un impuesto según la especie y el volumen extraído.

En 1890, la Ciudad de Veracruz, México, demostró su aprecio por los bosques estableciendo plantaciones de *Casuarina* para estabilizar las dunas al norte de la ciudad (Quevedo 1945). Ahora existen departamentos de bosques, agua, fauna, parques, dedicados a los bienes y servicios que el bosque ofrece en casi todos los países de la región. Algunos de los primeros departamentos establecidos aún existen, incluso los que se comenzaron en Trinidad en 1901 (Swabey 1932), Puerto Rico en 1917 (Wadsworth 1949), Honduras Británica (hoy Belice) en 1922 (Oliphant 1925) y Jamaica en 1937 (Swabey 1945). En la región se han logrado avances en todas las 18 etapas de desarrollo antes descritas.

Fuerzas que respaldan la implementación

La implementación de prácticas forestales requiere el apoyo de la gente que vive cerca de los bosques y de los que viven en ciudades lejos del bosque. Desafortunadamente, los que toman decisiones tienden a vivir a grandes distancias de los bosques, donde es menos probable que se aprecie el vínculo esencial entre la tecnología, los bosques y su vida.

Los que obviamente están más involucrados son los “pueblos forestales” que viven dentro o cerca del bosque y dependen directamente de él para protección, leña, alimento, implementos y transporte. Es redundante el intento de convencer a esta gente de que necesitan a los bosques. Los pueblos forestales no sólo están totalmente concientes del papel que juegan los bosques en su vida, sino que también saben más que nadie hasta qué punto este recurso se ha deteriorado y por qué; es gente que conoce muy bien los bosques y sus usos.

Los pueblos forestales son capaces de emprender el trabajo necesario para hacer que los bosques produzcan a perpetuidad (además, un empleo tal les vendría muy bien) y su proximidad los hace candidatos ideales para ese tipo de trabajo. Donde se dispone de liderazgo y apoyo externo, esta gente ha implementado casi todas las prácticas de manejo forestal en la región.

Otro grupo rural bien definido es el que vive en poblados agrícolas dedicados al procesamiento y distribución de otros productos de la tierra. Esta gente puede cultivar terrenos a orillas de los ríos o irrigados, que se hallan lejos de los bosques. Sin embargo, la presencia de bosques en las tierras altas puede proteger a sus cultivos de inundaciones o de la sedimentación, aunque son menos dependientes del bosque para la leña o los alimentos que los pueblos forestales. Algunas de estas comunidades agrícolas han cooperado para resolver cuestiones relativas a necesidades comunes, tales como la ubicación y distribución del agua de irrigación, la construcción de embalses y la provisión de servicios comunitarios.

Los que habitan en ciudades por lo general no están concientes de la importancia de los bosques para su bienestar, excepto en las zonas donde se procesan o exportan grandes volúmenes de productos forestales, el turismo es importante, o donde el agua de uso doméstico se debe traer desde muy lejos. Esta gente puede tener una preocupación real por el destino de los bosques, y los recursos financieros para hacer algo. Los residentes de las ciudades tienen los ingresos, el tiempo libre y el estrés relacionado con el trabajo que hace que piensen en los bosques como sitios de descanso y disfrute. También tienen el poder adquisitivo necesario para pagar precios más altos por productos forestales. Esta gente también está condicionada a pagar impuestos para beneficios sociales de largo plazo, como la construcción de bibliotecas, embalses municipales y parques. Los bosques también podrían beneficiarse con un apoyo similar.

El papel del gobierno. Los gobiernos nacionales democráticos teóricamente representan a toda la diversidad de poblaciones, y su principal preocupación son los aspectos del bienestar nacional que no se pueden enfrentar a nivel local. Entre estos se incluyen la distribución de los bosques y de sus beneficios en cada país, la necesidad de no aprovechar los beneficios máximos a corto plazo para disfrutar mayores beneficios a largo plazo y la dificultad de conseguir a nivel local los

recursos financieros y de personal adecuados para actividades muy especializadas. Por estas razones, el liderazgo forestal para la mayoría de los países tropicales se da a nivel nacional.

A nivel nacional se formulan objetivos, políticas, planes y programas; se distribuyen los fondos o la asistencia a las regiones donde la necesidad excede la capacidad regional; se ofrecen incentivos a los dueños de bosque y a los fabricantes de productos forestales, se ofrece capacitación especializada, y se reciben y administran las contribuciones de donadores internacionales. Todas las prácticas forestales no deben emanar del gobierno nacional, pero es claro que sin un programa forestal eficaz a nivel nacional, las demás agencias de implementación no podrían hacer su trabajo. El fortalecimiento de las instituciones nacionales es clave en un esfuerzo sostenido para atraer ayuda externa.

El gobierno tiene un gran interés en implementar un sistema forestal, porque sus valores indirectos y de no mercado son de mayor importancia para el público. Uno de esos valores es el rendimiento sostenible de madera; otro es la calidad del agua para uso doméstico. En algunos países, como México, las comunidades rurales formales y legalmente constituidas (los ejidos) han reaccionado de forma receptiva a las prácticas de manejo que perpetúan los suministros de madera y preservan otros beneficios forestales. Aún los lugares más alejados del bosque tienen mucho que ganar con la estabilización o aumento del empleo, recursos de agua y turismo.

Los gobiernos nacionales ahora son todos más sensibles a los problemas y a las necesidades forestales. Algunos se han responsabilizado por proyectos que contribuyen a un mayor almacenaje y transporte del agua, y pueden ver el beneficio potencial a nivel internacional que deriva de tales bosques, tales como el turismo, productos de exportación y la sustitución de importaciones caras por productos forestales locales.

El papel del público. El ciudadano medio busca mantener o mejorar su nivel de vida. Cualquier idea que tuviera sobre los bosques (si los hubiere) sería sólo de cómo los bosques directamente impactarían su propia vida. Una percepción tan estrecha como esta sugiere el enfoque más eficaz para la implementación: convencer a los ciudadanos de que su estilo de vida depende en parte de los bosques que deben ser conservados. Ese vínculo es igualmente válido para cada grupo:

agricultores, propietarios de bosque, líderes comunitarios, industriales y educadores.

La responsabilidad principal para enfocar la atención pública sobre las necesidades de producción forestal corresponde a los profesionales quienes comprenden y pueden explicar la dependencia humana sobre los recursos forestales y las acciones que se deben tomar para conservarlos. Un talento tal se desarrolla mejor en ciertos currículos forestales que en otros. Sin embargo, la debilidad de los conocimientos técnicos de los profesionales forestales y su poca capacidad de persuasión han constituido un obstáculo principal al progreso.

Cada vez es más evidente la necesidad de involucrar a otras disciplinas en la gestión adecuada de los recursos forestales tropicales. Se necesita un enfoque multidisciplinario, en gran parte porque los beneficios forestales se manifiestan de varias formas. Un ejemplo es la conservación del agua como componente de la agricultura. En el pasado, los agrónomos han sido en gran parte responsables del desarrollo de la forestería en muchos países de la región. Existen otros que también deben participar, tales como ecólogos, hidrólogos y científicos sociales, que desarrollen maneras más efectivas de demostrar las interdependencias y mejorar la capacidad de persuasión.

Individuos y organizaciones privadas, especialmente propietarios y fabricantes de productos forestales, han jugado un papel dominante en el deterioro de los recursos forestales de la región, por lo que también deben ser actores esenciales en la implementación de un buen manejo. Por consiguiente, son el blanco principal de la persuasión. Ellos son los que más reaccionan a los incentivos económicos, los que por lo tanto constituyen un elemento del éxito o fracaso de la conservación forestal.

Ayuda exterior. Los recursos locales para implementar la conservación y el manejo forestal son tanto menos disponibles cuánto más trágicas las consecuencias del maltrato a los bosques. Ese hecho ha conducido a más de un siglo de empeños por parte de gobiernos de otras regiones y de organizaciones multinacionales para prestar ayuda a la implementación de la forestería en los trópicos. Tales donadores del exterior frecuentemente han multiplicado sus inversiones iniciales, y por lo común son imparciales en la definición de prioridades. Sus recursos financieros resuelven un gran problema en

la región: la falta del capital de inversión. Sin embargo, muchos proyectos forestales emprendidos con ayuda externa no han cumplido con las expectativas. Las razones, más sociales que técnicas, son muy complejas.

Un resumen de las inversiones efectuadas por donadores multinacionales y unilaterales a proyectos forestales entre 1960 y 1985 alcanzaron la cifra US\$400 millones (Spears 1985). Aunque sólo el 1% de esta cantidad se había asignado directamente a proyectos forestales, las contribuciones de los donadores externos, incluso organizaciones no gubernamentales, constituyen un suplemento principal de las inversiones que los países en desarrollo dedican a ese propósito. La porción "no forestal" de la inversión se ha distribuido para propósitos de planificación del uso de la tierra, rehabilitación de cuencas, desarrollo rural y agricultura integral.

La asistencia internacional está plagada de obstáculos. A pesar de las buenas intenciones de los donadores y de los beneficiarios, hay muchos obstáculos que impiden que la intención de ambas partes se cumpla. Las políticas inflexibles del donador quizás lleven a que el beneficiario lo acuse de interferencia en el manejo de los asuntos de una nación soberana. Conceptos que provienen del exterior que generalmente no reflejan la situación en el lugar mismo pueden no ser aplicables, aún cuando se los acepte.

La ayuda externa frecuentemente se implementa mediante la participación de una o más agencias contrapartes del gobierno beneficiado. Esto puede producir un desequilibrio horizontal, en que las rivalidades entre las agencias pueden obstruir el uso coordinado de lo que se está ofreciendo. También existe la posibilidad de un desequilibrio vertical, cuando los gastos de administración son mayores que los dedicados directamente al bosque.

Los gobiernos de la región a menudo no están de acuerdo con los donadores en cuanto al grado de ayuda a la gente pobre rural. Otro problema es la falta de empatía entre los 'expertos' extranjeros del donador y los profesionales del país. Finalmente, y quizás lo más importante, es que casi en todas partes existe una falta de coordinación entre los donadores.

Los donadores están concientes de estos problemas, y por ello se desarrolló un mecanismo para fomentar la coordinación voluntaria (Harcharik 1986). Una reunión

de 20 gobiernos y agencias donadoras se efectuó en 1985, llegándose a un convenio de cooperación para la implementación del Plan de Acción Forestal Tropical bajo el patrocinio de la Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO), en cooperación con cada gobierno de la región. Las reuniones subsiguientes fueron productivas y resultaron en iniciativas para incluir a organizaciones no gubernamentales, donde la falta de coordinación también ha sido evidente. Evaluaciones críticas recientes sugieren que todavía son posibles muchas mejoras, particularmente con respecto al aumento de participación local en la generación de planes y en la consideración más comprehensiva de los problemas ambientales.

Roche (1986) describió algunos de los problemas de la asistencia internacional en África. A su manera de ver, las naciones en desarrollo preparan una lista de proyectos y venden lo que pueden a los donadores. El apoyo externo llega a una estructura elitista, y no a la masa general del pueblo. Roche llegó a la conclusión de que hasta que las masas produzcan algo de importancia agrícola, o hasta que las naciones del occidente estén preparadas a privarse de algunos de sus intereses egoístas, no habrá una gran mejora del sistema actual, a pesar de la incidencia del hambre y de la generosidad de los donadores.

Mery (1987) llegó a conclusiones similares sobre América tropical. Según él, la mayoría de las conclusiones afectan al sector forestal y tienen sus raíces en los problemas estructurales socioeconómicos de las sociedades latinoamericanas. Un cambio significativo en la contribución de la forestería al bienestar general no puede ocurrir sin un cambio más general en estas sociedades. Los cambios estructurales que aseguren intereses a largo plazo deben prevalecer sobre los que favorecen intereses cortoplacistas. Tales cambios deben orientarse a reducir las desigualdades, a permitir la diseminación de los beneficios obtenidos mediante el crecimiento económico, a sobreponerse a la dependencia de las corporaciones transnacionales, cuyos objetivos a menudo son distintos de los de las naciones involucradas, y a permitir la implementación de políticas dirigidas a poner punto final a la deforestación incontrolada y a promover el uso sostenido de los recursos forestales.

El criticismo cada vez más en aumento de los programas de asistencia internacional como causa de la destrucción

forestal llevó a que el Congreso de los EE.UU. centrara aún más el enfoque de la asistencia a los países en desarrollo, y resolviera hacer lo siguiente (Anón. 1986f):

- Prestar apoyo y cooperar con otros para identificar, establecer y mantener una red de ecosistemas forestales tropicales protegidos.
- Conservar los bosques que quedan, apoyando la producción forestal en terrenos que ya se han deforestado.
- Prestar apoyo a la capacitación y educación, y a instituciones que aumenten la capacidad local de formular políticas; planificar el uso de los suelos y desarrollar y aplicar un manejo forestal ambientalmente sólido.
- Prestar apoyo a una agricultura estable en zonas ya aclaradas o que inevitablemente se han de colonizar, usando tecnologías adecuadas para la región, incluyendo técnicas agroforestales.

Como ejemplo de la adaptación de los intereses de los donadores a la asistencia internacional, el Centro de Investigación de Desarrollo Internacional del Canadá, en la asignación de fondos para el desarrollo de investigaciones a las instituciones de países en desarrollo, aplicó los siguientes criterios en la evaluación de proyectos (Anón. 1986h):

- ¿Es posible que los resultados de la investigación sean de aplicación en la mayoría de los países en desarrollo o sólo en el que la investigación se está efectuando?
- ¿Ayudaría la investigación en cuestión a disminuir la brecha entre los niveles de vida, o a reducir la desigualdad del desarrollo entre las zonas rurales o urbanas?
- ¿El proyecto hará un uso completo de los recursos locales y de trabajadores de la región?
- ¿El proyecto resultará en científicos regionales mejor capacitados y de más experiencia, y en instituciones de investigación más eficaces?

El Informe Brundland de 1987, al hablar de los problemas ambientales mundiales, urgió el desarrollo de mayores empeños internacionales en apoyo a las

estrategias nacionales de conservación, la creación de reservas de la biosfera y el Plan de Acción Forestal Tropical (Anón. 1987b). El informe señaló la necesidad de implementar planes nacionales en materia forestal, realzar la cooperación entre las agencias de desarrollo forestal y aumentar el flujo de los recursos técnicos y financieros hacia el sector forestal y campos asociados, como la agricultura en fincas pequeñas.

Objetivos a largo plazo

Hay una cantidad de documentos de agencias multinacionales que dejan constancia de los esfuerzos mundiales por priorizar los problemas de la forestería tropical, y los objetivos y estrategias para su solución. En 1980, el Programa Ambiental de las Naciones Unidas y la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza (UICN), con la ayuda del Fondo Mundial de la Vida Silvestre (WWF) publicaron la “Estrategia de Conservación Mundial”, un documento que logró cerrar hasta cierto punto la brecha existente entre los problemas ambientales y las agencias de manejo forestal (Anón. 1980h). La Estrategia definió la conservación como el manejo de la biosfera para obtener el mayor beneficio sostenible para las generaciones actuales, y manteniendo su potencial para las necesidades y aspiraciones de las futuras generaciones. Un índice de logro es el nivel de rendimiento sostenible. Se apoya la integración de los usos múltiples del bosque, y se reconoce la posibilidad de que con un buen manejo algunos usos sean compatibles. Las recomendaciones de la IUCN, de carácter esencial para la forestería en los trópicos, incluyen las siguientes:

- Las naciones deben tener sus estrategias de conservación, satisfacer sus necesidades y crear conciencia en el público.
- Se deben formular estrategias para la protección de cuencas y manglares y para la restauración de ambientes degradados, donde se incluya la reforestación.
- Las agencias gubernamentales deben recibir mandatos de conservación claros, además de las facultades y los fondos necesarios para su implementación.
- Las naciones deben asegurar que las leyes sean económica y socialmente factibles para garantizar la protección y el uso sostenible de los recursos.
- La educación para la conservación se debe intensificar en todos los niveles.
- Los esfuerzos de conservación deben priorizarse para permitir un mejor uso de los fondos disponibles.
- Las medidas de conservación que requieren suspender el uso de un producto del bosque se deben complementar con medidas para mantener o mejorar los niveles de vida de la población en general.
- Se debe incluir un mayor número de bosques pluviales subtropicales en las reservas de la biosfera.
- El uso de los recursos debe ser compatible con la capacidad del ecosistema y armónicos entre sí.
- Los terrenos más apropiados para los cultivos alimenticios se deben reservar para el uso agrícola.
- La información existente sobre el manejo de los recursos se debe poner en uso, y generar más información al respecto.
- Las comunidades rurales deberían adaptar nuevos sistemas de producción exitosos en otros lugares.
- Se deben dedicar mayores esfuerzos a la investigación de sistemas de producción sostenible.
- Se deben demostrar los beneficios económicos del uso múltiple bien planificado de los bosques pluviales.
- Los bosques tropicales se deben manejar con el fin de aumentar los rendimientos de bienes y servicios, siempre que la producción pueda sostenerse sin dañar los recursos.
- Se debe establecer la capacidad productiva de los bosques, como un requisito previo a la determinación de los rendimientos sostenibles.
- La utilización de los bienes y servicios del bosque debe ser eficaz y ecológicamente sólida.
- Los gobiernos deben controlar las operaciones de extracción y ayudar a los colonizadores a desarrollar terrenos apropiados para plantar árboles y otros cultivos.

- Se deben preservar los distintos grupos genéticos para garantizar la producción forestal mejorada.
- La producción de leña y madera industrial se debe abastecer mediante plantaciones.

El Plan de Acción Forestal Tropical de la FAO está más orientado hacia los bosques de los trópicos (Anón. 1985e). El Comité de Desarrollo Forestal en los Trópicos, que representa a 45 países, convino en una reunión de especialistas quienes recomendaron la ejecución de acciones en cinco áreas prioritarias: conservación de los ecosistemas, uso de la tierra, desarrollo de la energía, desarrollo industrial e instituciones. Los objetivos propuestos para cada área se presentan a continuación:

- *Conservación de los ecosistemas*

- Seleccionar y establecer una serie de ecosistemas tropicales protegidos y de recursos genéticos de especies de valor socioeconómico actual o futuro.
- Garantizar la permanencia de las zonas protegidas, actuales y futuras, mediante la mejora de la legislación y política administrativa.
- Ampliar los conceptos de política y manejo de la conservación para abarcar el mantenimiento de la variación intraespecífica de las especies de importancia socioeconómica actual o futura; conservar donde sea posible la variación de otras especies cuyas cualidades no se conocen todavía.
- Desarrollar vínculos más estrechos entre las políticas de conservación de ecosistemas y recursos genéticos y las políticas de recuperación de la vegetación natural, para proteger el suelo y áreas de captación.
- Tratar a las zonas protegidas como parte del patrón de uso de los suelos que las circundan; diseñar y manejar estas zonas de tal forma que sus nuevos usos sean aceptables y beneficiosos para la gente de la región.
- Adaptar métodos silviculturales en los bosques sin manejar para permitir que produzcan madera, alimentos y otros productos no madereros de forma sostenible.

- *Uso de la tierra*

- Crear conciencia política y pública de la contribución de la forestería al uso sostenible del recurso y a minimizar el daño y la degradación de

la seguridad alimentaria y del desarrollo rural causados por la desertificación, inundaciones, sequías, torrentes, ciclones y mareas altas.

- Asegurar que el sistema forestal forma parte esencial de los planes nacionales que involucran la seguridad alimentaria, la conservación y las medidas de prevención de la desertificación.
- Promover el papel de los bosques y de la vegetación leñosa con prácticas de cultivo sólidas, para asegurar que el sistema entero contribuya efectivamente a la producción de bienes y servicios y a la seguridad alimentaria a largo plazo.
- Realzar los beneficios públicos derivados del uso apropiado de los recursos forestales, involucrando a la comunidad en su expansión, diversificación, manejo, conservación y rehabilitación.

- *Desarrollo de la energía*

- Realzar la conciencia política, fomentar un compromiso con y un apoyo permanente a programas de energía basados en la madera; adaptar y fortalecer a las instituciones responsables.
- Promover políticas coordinadas y programas que definan las prioridades para la energía proveniente de la madera en la planificación forestal nacional; fomentar la recolección de información requerida para una planificación sólida y para la producción y uso de la energía maderera.
- Desarrollar y diseminar enfoques que integren los aspectos ambientales, sociales, económicos y técnicos del desarrollo de la energía; promover tecnologías más eficientes y soluciones efectivas en términos de costos a los problemas energéticos.
- Movilizar la asistencia técnica y financiera, a nivel nacional e internacional, para fortalecer las capacidades y cumplir con los requisitos de los programas de energía maderera a gran escala.
- Fomentar la participación activa de las comunidades rurales y de las organizaciones locales en el diseño, implementación y distribución de beneficios provenientes de los programas para la producción de leña y energía con base en la madera; fortalecer la capacidad de las comunidades de sostener las iniciativas de autoasistencia.
- Promover la cooperación internacional y regional en investigación, desarrollo, demostración y capacitación para nuevos desarrollos y enfoques más exitosos a los problemas de la energía.

- *Desarrollo industrial*

- Crear conciencia de la necesidad de contar con industrias forestales integrales, que abarquen toda la gama de actividades desde el desarrollo de los recursos, manejo, cosecha y transporte hasta el procesamiento de la materia prima para su comercialización.
- Crear conciencia de los aspectos sociales, legales e institucionales de la planificación e implementación de proyectos en la industria forestal.
- Mejorar la capacidad gerencial de manejo de recursos, planificación, construcción y operación de industrias forestales, y de las operaciones de aprovechamiento.
- Proporcionar capacitación vocacional en cuanto a aprovechamiento forestal e industria forestal.
- Establecer industrias forestales apropiadas para las condiciones tropicales y los objetivos de desarrollo.

- *Instituciones*

- Hacer que el desarrollo forestal sea parte íntegra del desarrollo nacional.
- Aumentar las capacidades humanas en materia forestal y promover el apoyo al desarrollo forestal.
- Mejorar la administración de los terrenos forestales tropicales mediante el uso apropiado del apoyo institucional.
- Asegurar la participación activa de todas las instituciones y de los sectores sociales para hacer que el desarrollo forestal sea técnicamente eficiente, productivo y socialmente efectivo.

La mayoría de estas metas son de naturaleza social y requieren una comunicación efectiva, además del desarrollo y aplicación de prácticas de manejo para hacer que los bosques garanticen más bienes y servicios.

La tarea de aumentar la productividad forestal en el neotrópico sobrepasa los fondos disponibles, de modo que todo empeño mal orientado es de trágicas consecuencias. Un punto de partida para minimizar tales pérdidas es enfocar los esfuerzos, centrándolos en objetivos a largo plazo sujetos a la aprobación general. Ejemplos de objetivos de aplicación a nivel nacional son:

- *Mantener bajo cobertura arbórea los terrenos rurales incapaces de sostener un cultivo alimenticio o de forrajes, pero capaces de sostener árboles.*

Este objetivo requiere que los suelos se clasifiquen según la pendiente, erodabilidad y potencial productivo. Si bien no se relaciona con la propiedad del terreno, los límites de uso implícitamente requieren controles que sólo pueden ser ejecutados mediante una acción gubernamental.

El uso del término “rural” reconoce la importancia tradicionalmente dominante del desarrollo urbano, industrial y comercial y el hecho que las zonas forestales se deban adaptar a ese desarrollo. Sin embargo, en las zonas rurales esta meta requiere una extensión de bosques mayor que la resultante del mero abandono de campos agrícolas submarginales. Se deben efectuar previsiones, sin embargo, para la agricultura migratoria, si se sostiene con bosques en barbecho y si se asegura que los plazos del barbecho son adecuados.

- *Utilizar los bosques para una amplia gama de propósitos sociales y económicos.*

Este objetivo reconoce los distintos beneficios y productos de los bosques tropicales, incluyendo el agua, la recreación y la vida silvestre, al igual que la madera. El requisito de una “amplia gama” de propósitos implica que los usos en conflicto deben estar regidos por restricciones en cuanto a ubicación o intensidad de uso. Los valores de recursos frágiles, como los ecosistemas primarios o los hábitats para los especímenes de fauna únicos, se deben proteger de los usos que pueden dañarlos.

- *Reservar un territorio forestal público, compuesto de bosques representativos, para preservar la diversidad nacional, demostrar los progresos en el manejo forestal, y, mediante la investigación, desarrollar mejores técnicas para proteger, restaurar y manejar los bosques y sus recursos.*

Implícito en este objetivo se halla el programa de adquisición y protección de terrenos públicos, seguido por inversiones en el manejo, investigación de mejores técnicas y un programa de extensión a otros propietarios de bosque y fabricantes de productos forestales. A pesar

de la importancia de este objetivo, los gobiernos generalmente sólo dedican una proporción muy pequeña de sus terrenos forestales a la producción comercial.

- *Fomentar el establecimiento de empresas forestales privadas que abastezcan el mercado de productos forestales a nivel local, nacional e internacional.*

Esta meta parte de la suposición de que las empresas forestales deben ser privadas y no públicas. El papel de gobierno aquí es de ofrecer incentivos, y donde sea necesario, establecer controles. Las metas específicas incluyen el suministro de materia prima de manera sostenible, mejoramiento de la utilización y procesamiento, mejor mercadeo, promoción de la comercialización y mejores relaciones entre los trabajadores y la empresa.

- *Desarrollar el aprecio del público por los bosques y la forestería.*

Este es un prerrequisito para el buen manejo por parte de las empresas; pero más importante aún, para garantizar el apoyo público a la conservación de los recursos del bosque tropical. El gobierno es el encargado de esta tarea, junto con instituciones de información y educación. Con ese propósito en mente, se están expandiendo los currículos de los colegios y universidades en la región.

- *Basar las políticas y prácticas forestales en investigaciones científicas.*

Esta meta implica el desarrollo y mantenimiento de una o más instituciones científicas, ocupadas en resolver los problemas forestales de la nación. Las instituciones de investigación no necesariamente se deben encontrar en el territorio nacional; los programas de investigación regional muchas veces pueden resolver de forma satisfactoria problemas prioritarios. La capacitación a los profesionales forestales y un ambiente estable y adecuado para su trabajo son prerrequisitos para una investigación efectiva, pero en muchos países tropicales estas condiciones no se dan. El apoyo del gobierno es vital en este campo.

Estas metas son generales y de aplicación en la mayoría de los países de la región. Para adaptarlas a condiciones locales, sin embargo, se necesita un lenguaje más específico y un cronograma para cada meta. Estas metas

también se podrían usar como preámbulo de leyes o proclamas del gobierno, como patrón de comparación de futuras propuestas, apoyos y progresos en el campo forestal.

Estrategias

La identificación de metas a largo plazo es sólo un primer paso aunque de mucha importancia para la implementación de las prácticas forestales. En toda la región se han efectuado muchos estudios que fomentan la implementación de tales metas, pero los resultados han sido de índole general, con poco de concreto, factible o atractivo para los decisores. El próximo paso es, entonces, desarrollar estrategias para avanzar hacia las metas.

Antes de planear la estrategia de manejo forestal, se deben obtener las opiniones de los distintos sectores del público que serán afectados o cuyo apoyo se necesita. A menudo la forestería requiere limitar los usos actuales del bosque, lo cual provoca la reacción de los sectores acostumbrados a usar el bosque libremente, o de los que se benefician con la explotación forestal. Además, los beneficios sociales no son inmediatos y aparecen en forma gradual, así que las actitudes del público pueden abarcar toda una gama, desde total desinterés hasta una actitud hostil. En la India, por ejemplo, donde han habido políticas forestales muy fuertes y un departamento forestal muy bien organizado durante más de un siglo, y donde los bosques más lejanos se han mantenido en buena condición a pesar de una presión severa por parte de la población, se ha culpado a los forestales por el deterioro de 24,5 millones de hectáreas de bosques comunales, sobre los cuales no tenían ninguna autoridad (Tiwari 1983).

Actitudes públicas como estas pueden ser en parte el resultado de la ignorancia, pero generalmente las causas son mucho más profundas y requieren de un análisis a fondo para planear el apoyo futuro del público a las cuestiones forestales. Un corolario favorable de una situación tal es que a menudo se reconoce que el deterioro del suelo y del agua es un problema serio, y que su relación con los bosques ya es de conocimiento general. Si el público le echa la culpa al departamento forestal se deben entender las razones claramente; quizás el departamento forestal sea parcialmente responsable, pero a menudo muchos otros factores están involucrados, como una debilidad general del gobierno, conflictos entre agencias gubernamentales o entre individuos. A menos que se identifiquen y comprendan

las causas fundamentales, es posible que los empeños por mantener los bosques se frustren. El análisis y la interpretación de tales situaciones requieren la aplicación de disciplinas sociológicas que en el pasado se consideraban lejanas del campo forestal.

Westoby (1983a) presentó un argumento fundamental para la estrategia de preservación de los bosques tropicales. A su modo de ver, las presiones locales sobre los bosques por parte de los desposeídos sólo se pueden reducir mediante un acceso igualitario a los terrenos y otros recursos. Es poco probable que se puedan desarrollar tecnologías para el uso sostenido de los bosques tropicales a menos que los pobres rurales tengan un interés en la tierra y una participación en el poder político. Entonces, la clave para salvar los bosques tropicales es de naturaleza política. Catinot (1984) llegó a la misma conclusión sobre el África tropical, y recomendó que los mismos pobladores rurales, que han sido los principales agentes de destrucción, sean quienes lleven adelante los empeños de reforestación, dándoles la propiedad de los nuevos bosques producidos.

Varias de estas estrategias son apropiadas para la región.

- *Para una mayor planificación*
 - Determinar las necesidades más urgentes de grupos específicos; particularmente en zonas rurales cerca de los bosques.
 - Integrar la conservación de los recursos del bosque en el plan nacional de uso de la tierra y reforma agraria.
 - Identificar y cuantificar los beneficios no comerciales, locales y externos, actuales y potenciales, de los recursos del bosque.
- *Para el desarrollo rural*
 - Cuantificar los beneficios forestales para el desarrollo rural, incluyendo la protección de cuencas, la seguridad alimentaria y el empleo.
 - Estabilizar la tenencia de los terrenos rurales.
 - Estimular la inversión rural en plantación de árboles.
 - Promover la producción de árboles de usos múltiples.
 - Desarrollar otras fuentes de ingresos fuera de la finca.

- *Para los recursos del bosque*
 - Determinar el potencial relativo de las distintas áreas boscosas para producir productos y beneficios, como una guía para definir prioridades.
 - Evitar el deterioro de los bosques remanentes.
 - Intensificar el manejo y desarrollo de los recursos forestales existentes.
- *Para el suministro de madera*
 - Reducir la cantidad de residuos dejados en el bosque y durante el procesamiento; desarrollar nuevos usos para los residuos.
 - Concentrar la producción de madera en plantaciones para aliviar la demanda actual sobre los bosques nativos remanentes.
 - Aumentar el nivel de procesamiento cerca de los bosques para elevar el nivel de vida de la gente que vive en o cerca de los bosques.

Principios para alcanzar el éxito

Existen distintos enfoques para estas estrategias. Muchas han fracasado miserablemente debido, en parte, a enfoques o ejecuciones erróneos. Unas pocas han tenido éxito; a continuación aparecen algunas de ellas:

- Fortalecer y vincular las instituciones nacionales responsables del liderazgo, sea su función la administración, diseminación o investigación.
- Identificar y considerar las circunstancias locales que pudieron no ser evidentes antes de prescribir el curso de acción.
- Desde el principio, involucrar a los grupos locales afectados, ya sean pequeñas comunidades o poblados rurales aislados.
- Fortalecer la capacidad local a nivel profesional, gerencial y técnico, antes de intentar la implementación de los planes.
- Evitar propuestas que se desvíen de la tradición más allá de lo aceptable para otras actividades.
- No comenzar programas a una escala que excede la capacidad del sistema local, que requerirá más personal capacitado u otros recursos escasos de los que

se pueden obtener rápidamente sin un costo compensatorio para las otras necesidades importantes de la comunidad.

- Desarrollar un vínculo entre investigación, demostración, extensión, capacitación y educación. Sin estos vínculos, los programas generalmente no llegan a alcanzar su potencial.
- Mantener una comunicación abierta y una publicidad continua dirigida al público meta, como decisores o la juventud, con un enfoque centrado en crear opinión y persuadir, en vez de simplemente informar.
- Asegurar que las recompensas para el personal forestal sean atractivas y estrechamente vinculadas a sus responsabilidades y logros alcanzados con su trabajo.
- Establecer condiciones de trabajo lo suficientemente favorables y estables como para desarrollar en los empleados un sentido profundo de compromiso.
- Establecer un programa de capacitación continua a los empleados, efectuado por expertos, antes de presentar las oportunidades de promoción.

El Banco Mundial ilustra el papel esencial que juegan las instituciones nacionales (Spears 1985). Las agencias externas contribuyen en un grado mínimo a las soluciones de largo plazo de los problemas de deforestación. La asistencia exterior puede crear una infraestructura y las instituciones necesarias para que comiencen los programas forestales, pero tal inversión decrece apenas el esfuerzo combinado de los sectores gubernamental, político y privadas empieza a generar reacciones favorables de los campesinos, comunidades y empresas privadas con programas autosostenibles. Además, la noción que la forestería rinde bajas tasas de rentabilidad (debido al largo tiempo que necesitan los árboles para madurar) es contraria a la experiencia (Spears 1985). De hecho, algunos de los proyectos agroforestales y de protección ambiental han tenido tasas más altas de rentabilidad que los proyectos forestales industriales (entre 15 y 30% para los primeros, en comparación con 10 a 15% para los últimos).

La experiencia en Latinoamérica apoya fuertemente los incentivos gubernamentales, tales como pagos compartidos, exención de impuestos o créditos para establecer plantaciones forestales (Romero Pastor 1983). En Perú, sin tales incentivos entre 1964 y 1981 se

establecieron un promedio anual de 62 km² de plantaciones, mientras que en Brasil, con incentivos, el promedio correspondiente fue de 305 km².

Cómo vencer la resistencia

La resistencia a la producción forestal intensificada se debe a varios motivos. Algunas objeciones pueden ser puramente emocionales y no se solucionan simplemente con presentar hechos. En algunos casos, es imprescindible entender cuáles son las razones fundamentales y buscar un término medio aceptable hasta que los beneficios de la práctica propuesta (que quizás tengan que ser reducidos o postergados para lograr un acuerdo) se hagan tan evidentes que destruyan cualquier oposición emocional.

Un punto de vista opuesto ampliamente diseminado sobre la producción maderera (y especialmente el aprovechamiento) se funda en lo que se percibe como el “daño ambiental” que causa. Aunque por otra parte, se supone que la producción de madera es una actividad ambientalmente sólida. Sin embargo, si se demostraran consecuencias ecológicas dañinas de las prácticas forestales, los que hacen la propuesta deberán modificarla sin más ni más, en forma directa y honesta, y no como reacción defensiva después de una disputa acalorada.

Generalmente estas disputas no se resuelven rápidamente y en paz, porque no sólo los que se oponen, sino también los que proponen, son capaces de exagerar los efectos ambientales y las consecuencias de la propuesta, aún cuando sus declaraciones carecen de toda prueba. En este caso, la medida más sana quizás involucre una o más de las siguientes acciones:

- Incorporar de antemano la mayor cantidad de sugerencias posible (como estas) en cualquier propuesta que pudiera ser controversial.
- Usar un equipo diverso para revisar las propuestas y buscar un consenso equilibrado en vez de un juicio individual.
- Pedir consejo a expertos genuinos como asesores sobre la validez de los puntos de vista opuestos, y aceptar su dictamen.
- Enfatizar las evidencias de valores intangibles o de las ganancias financieras para responder a los críticos que cuestionan el uso de fondos para la propuesta.

- Omitir desde el inicio los aspectos controversiales de la propuesta que no arriesgan el resultado final. Un ejemplo sería aceptar una cantidad menor de terreno para la producción de madera o un rendimiento menor para integrar otros valores dentro del manejo forestal.
- Reducir el alcance de la propuesta para que cualquier consecuencia controversial sea evaluada en pequeña escala.
- Reducir el plazo de la propuesta, de manera que haya pocas etapas que evaluar para obtener las primeras consecuencias.
- Incorporar un sistema de monitoreo que alivie los temores de que se produzcan daños ambientales irreversibles y difíciles de detectar.
- Incorporar investigaciones actuales o previas con el preciso fin de clarificar asuntos controversiales, antes de efectuar una aplicación a gran escala.
- Designar un equipo diverso para supervisar la propuesta a medida que se implementa, para determinar problemas inesperados, den su consejo sobre los asuntos que causen inquietud, publicar los resultados buenos y malos y guíen el proceso.
- Diferenciar claramente la línea de autoridad administrativa (la que dirige los programas y el personal) y profesional (que evalúa y recomienda las políticas, programas y procedimientos).
- Contar con personal que presente soluciones, en vez de problemas, a la autoridad administrativa.
- Implementar un sistema de transmisión interna nítida y rápida de las políticas, información, instrucciones y retroalimentación entre la administración y los ejecutores del plan.
- Lograr una coordinación sistemática de las funciones requeridas para alcanzar los objetivos y la organización necesaria para una ejecución eficiente del trabajo.
- Establecer un sistema de autoridad y responsabilidad compartida, mediante la delegación de funciones hasta el nivel más bajo, pero con un control administrativo efectivo.
- Garantizar la capacidad de alcanzar los objetivos en el tiempo previsto.
- No más de ocho subordinados por supervisor.
- Asegurar que cada empleado responda ante un sólo supervisor, y que cada supervisor tenga autoridad sólo sobre sus subordinados inmediatos.

Organización efectiva

Las instituciones involucradas en la implementación de programas forestales, ya sean gubernamentales o privadas, deben tener las siguientes características para perdurar y ser eficaces:

- Tener una misión claramente definida con un propósito ampliamente apoyado.
- Contar con la autoridad legal para tomar decisiones y los recursos para emprender acciones.
- Recibir retroalimentación de la gente directamente afectada y reaccionar en forma rápida para implementar los cambios que se necesitan.
- Definir la orientación de los programas mediante metas de planificación a largo plazo y estrategias a corto plazo.

Compromiso personal

La conservación de los bosques tropicales es de importancia primordial, pues el destino mismo de la sociedad puede depender de ella. Es una tarea difícil que requiere dedicación de largo plazo. Los valores en juego, cuando se los entiende bien, deberían inspirar un gran compromiso personal de los responsables. Este compromiso de entrega, diligencia y esfuerzo debe inculcarse a los empleados en el momento (o poco después) de reclutarlos.

El trabajo forestal en las zonas tropicales continuará siendo dirigido en gran parte por los empleados de instituciones del gobierno y grandes agencias no gubernamentales. Tal empleo, para ser efectivo, conlleva ciertas responsabilidades que involucran la ética, las leyes, la lealtad y el conocimiento de los reglamentos, además de la intención de ejecutarlos.

Algunos éxitos

Producción industrial en Brasil. En este país se establecieron plantaciones de *Eucalyptus* a gran escala en 1910. En 1966, se inició un programa de incentivos forestales que permitió que una buena parte de los impuestos federales se dedicaran a ciertas actividades forestales. Este programa es el principal responsable de 2,2 millones ha de plantaciones de madera de uso industrial y para leña en la región sur del país. Más de la cuarta parte de la madera industrial requerida en el país se abastece gracias a estas plantaciones, casi todas ellas en manos privadas (Anón. 1981f).

Uno de los esfuerzos de plantación más espectaculares en Brasil se encuentra en Aracruz, cerca de Victoria, en los estados de Espírito Santo y Bahía (Spears 1985). La siembra de 60 000 ha de *Eucalyptus* se emprendió y apoyó con un fuerte programa asociado de investigación (12% del presupuesto reciente), enfatizando el mejoramiento de árboles, patología, entomología, suelos y nutrición. El éxito de la propagación vegetativa llevó a que se establecieran plantaciones de clones en 1979. El promedio de rendimientos aumentó de 33 m³/ha a 70 m³/ha/año, con un aumento del 25% de la densidad de la madera y 23% en el contenido de celulosa.

Madera para leña en Haití. Un proyecto de reforestación patrocinado principalmente por la Agencia para el Desarrollo Internacional de los EE.UU., y ejecutado por numerosas agencias independientes, ha centrado su enfoque en aliviar la erosión del suelo y la escasez de leña causada por una tala excesiva, y a la vez, como fuente de ingresos para los campesinos por la siembra de árboles (Anón. 1986e). Se usaron especies de crecimiento rápido, que producen leña o postes en 2 o 3 años. La regeneración se efectúa por rebrote, por lo que no se necesita replantar. En los primeros cinco años, 110 000 finqueros plantaron casi 20 millones de plántones. La clave del éxito del proyecto fue que se motivó a los campesinos a plantar y cuidar de los árboles en sus propiedades. Casi 73 organizaciones voluntarias y misiones participaron en la operación de 22 viveros locales.

Árboles de uso múltiple en Costa Rica. El Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza (CATIE) en Costa Rica ha estado ensayando nuevas maneras de introducir árboles en los sistemas de producción de pequeñas fincas (Spears 1985). En Piedras Norte, la organización persuadió a 900

campesinos para que plantaran 50 000 árboles como cercas vivas, rompevientos y sombra. Rápidamente los campesinos empezaron a introducir árboles en sus sistemas agrícolas, principalmente para su propio uso, pero también para la venta.

Plan Piloto en México. Dieciséis comunidades rurales (18 000 personas) en el sureste de México recibieron 360 000 ha, de las que 150 000 ha cubiertas de bosque natural se mantuvieron como reserva (Bruenig y Poker 1989, Santos 1991). Se hizo un inventario de la zona y se implementó un sistema de manejo con una rotación específica y un área de corta anual de 5000 a 6000 ha. Además, se ensayó con plantaciones de enriquecimiento. Los participantes usaron la asistencia técnica y el crédito gubernamental para adquirir equipo de maderero. Se cosecharon las especies más valiosas, tales como caoba (*S. macrophylla*) y cedro (*Cedrela odorata*), además de otras especies secundarias. Las comunidades construyeron dos talleres de carpintería y están entrenando a carpinteros con el fin de aumentar la utilización de la madera. Varias comunidades formaron una junta como autoridad para tomar decisiones en conjunto. El gobierno y la Agencia de Desarrollo Técnico de Alemania proporcionaron el apoyo técnico para la investigación y la capacitación y casi 600 personas fueron empleadas.

En América Tropical existen otros ejemplos de mejoramiento rural exitoso, de los que la conservación y producción forestal forman parte. Algunos son de poca cobertura y poco conocidos. La importancia de difundir lo que ha tenido éxito bajo distintas condiciones es uno de los mensajes mundiales más importantes para la próxima revolución en materia de comunicación humana.

Hay muchas razones para enfrentar la conservación y la producción forestal en la región con un enfoque optimista. Vivimos en un mundo donde la falta del manejo forestal rápidamente se está convirtiendo en una preocupación general. El nivel de conciencia social, cada vez más alto, requiere que se protejan los bosques, pero que a la vez se les saque provecho. Técnicamente se sabe tanto, que el costo de la inacción sobrepasa en mucho las expectativas de un avance cauteloso que usa todos los conocimientos a nuestro alcance. La experiencia del pasado nos enseña muchas lecciones. Las causas ya conocidas de los fracasos anteriores pueden ayudar, con juicio, convicción y paciencia a superar los tropiezos. El futuro cambio de la explotación

forestal hacia un manejo productivo presenta no sólo un desafío a los estudiantes forestales del neotrópico, a quienes este libro está dirigido, sino que también

significa oportunidades sin precedentes de ejecutar un servicio fundamental para el bienestar futuro del mundo entero.

Apéndice A

Características Climáticas Regionales

México

La parte de México ubicada al sur del Trópico de Cáncer y al oeste de la Sierra Madre Oriental está continuamente expuesta a los vientos alisios del Atlántico, que traen una precipitación orográfica y, de vez en cuando, disturbios tropicales. El interior de México normalmente recibe el 90% de la precipitación entre junio y octubre. Durante el invierno, esta subregión recibe los vientos fríos y tormentas del norte que podrían prolongarse hasta el Istmo de Tehuantepec en ambas costas. A fines del verano, el sur de México de vez en cuando es invadido por frentes intertropicales provenientes del sur, que traen aire húmedo en oleadas frontales.

Centroamérica

El istmo de Centroamérica está expuesto a los vientos alisios durante todo el año y a vientos ocasionales del norte en invierno. La costa del Caribe está sujeta a una gran cantidad de precipitación orográfica acompañada por tormentas. En Bluefields, Nicaragua, el promedio de precipitación anual sobrepasa 400 cm. La precipitación en la costa del Pacífico, a la sombra de la Cordillera, es mucho menor. En Managua, por ejemplo, que desde el punto de vista geográfico está ubicada en el lado opuesto a Bluefields, el promedio de precipitación anual es de sólo 115 cm. El contraste es mayor de enero a marzo, época que localmente se conoce como el “verano” (la estación de sequía). Durante este período, Bluefields normalmente recibe 50 cm de precipitación, mientras que Managua recibe sólo 1 cm. Sin embargo durante el “invierno” (estación de lluvia), de abril a diciembre, la zona de convergencia intertropical llega a esta región y trae disturbios que producen precipitaciones copiosas en ambas costas. Managua recibe el 98% de la precipitación entre mayo y noviembre.

El istmo de Panamá está sujeto a vientos alisios casi constantes de diciembre a abril, un período en que ocurre solamente el 11% de la precipitación anual. El frente intertropical normalmente cruza el istmo de sur a norte en mayo y produce un tiempo lluvioso con un corto período de sequía en julio. Luego regresa el frente intertropical y el mal tiempo provenientes del suroeste, desde agosto hasta noviembre. A pesar del patrón general, existe un contraste muy pronunciado entre la precipitación de Colón en el litoral del Atlántico, cuya precipitación anual es de 340 cm, y Balboa en el Pacífico, cuya precipitación anual es de 170 cm (Portig 1976).

Indias Occidentales

El clima en las Indias Occidentales está dominado por el flujo de aire del Atlántico. En Bridgetown, Barbados, por ejemplo, la variación de la dirección media mensual del viento es de sólo 21° y la media anual es de 90° (dirección este), según Portig (1976). De Hispaniola y Jamaica hasta Trinidad, la mayor cantidad de precipitación cae entre mayo y noviembre, interrumpida por un período de sequía en julio. Hay una gran diferencia entre la precipitación en laderas expuestas a barlovento y sotavento debido al alzamiento orográfico. En Guánica, en la costa a sotavento de Puerto Rico, por ejemplo, la precipitación es sólo el 52% de la recibida en Fajardo en la costa a barlovento, a sólo una distancia de 130 km. De mayo a octubre, es posible que se desarrollen enormes nubes tipo cúmulo-nimbo, las que pueden dar raíz a tempestades muy intensas.

Las tormentas producidas por los ciclones (con vientos de 62 km/h o más) y huracanes (con vientos de 117 km/h o más) constituyen una característica de las Indias Occidentales (Alaka 1976). Estas tormentas se originan en el Atlántico, entre 10° y 30°N, y algunas veces tan lejos como las Islas del Cabo Verde. Por lo general, entran al mar Caribe en la latitud de las Antillas Menores. Estas tormentas pasan al sur de Cuba con dirección oeste y entran al Golfo de México, disipando su energía en el noreste de México o sureste de EE.UU. Estas tormentas pueden pasar al nor-noroeste de Cuba, apartándose de la región tropical para orientarse hacia el noreste. Con base en las observaciones efectuadas de 1901 a 1972, la probabilidad de que ocurra al menos un huracán cada año varía de 0,22 en junio a 0,88 en setiembre y 0,17 en noviembre. Se han registrado ráfagas de viento de 250 km/h o más y una precipitación total de 240 cm en un total de cuatro días.

De enero a mayo, las islas de barlovento más al sur, Trinidad y la costa adyacente de Venezuela están sujetas a vientos del noreste, sin frentes climáticos. Bridgetown, Barbados, por ejemplo, recibe durante estos meses sólo el 20% de la precipitación anual (Portig 1976). Entre junio y diciembre, las masas de aire húmedo ecuatorial producen frentes tropicales continuos con tormentas eléctricas del norte de Trinidad al estuario del río Orinoco. Más hacia el oeste, a lo largo de la costa caribeña de Venezuela y de las Antillas Holandesas, prevalecen los vientos alisios, lo que da como resultado una región seca. En San Pedro de Coche, Venezuela, por ejemplo, sólo 300 km al oeste de Trinidad, la precipitación media anual es de sólo 27 cm (Walter et al. 1975).

Sudamérica

La costa caribeña de Colombia se encuentra bajo la influencia predominante de un frente intertropical. De enero a abril, los vientos del noroeste producen muy poca precipitación. Cartagena normalmente recibe sólo el 2% de su precipitación anual durante estos cuatro meses. En mayo, la llegada del frente sureño trae vientos del suroeste, nubes cúmulonimbos y tormentas eléctricas que disminuyen en julio. Un segundo período de tormentas intensas ocurre en noviembre. El extremo noreste de la península de Guajira escapa a su influencia, recibiendo un promedio de precipitación anual de sólo 30 cm (Snow 1976).

La ladera del Pacífico de los Andes colombianos y ecuatorianos, al sur del golfo de Guayaquil está permanentemente bajo la influencia del aire ecuatorial marítimo húmedo e inestable. Andagoya, Colombia, por ejemplo, recibe al menos 50 cm de precipitación por mes. Justo al sur del golfo de Guayaquil, un estrato pesado de nubes permanece casi continuamente a lo largo de la costa entera, hacia el sur y más allá del Trópico de Capricornio. La debilidad de los vientos tierra adentro y la tendencia de las nubes a disiparse por encima de la superficie terrestre calentada impiden que la costa reciba precipitación. En Molienda, Perú, por ejemplo, el mes más húmedo del año recibe un promedio de menos de 1 cm de precipitación. Entre junio y setiembre puede caer una fina llovizna a lo largo de la costa inmediata, pero más adentro, la región permanece árida y sin nubes.

En la subregión del Orinoco-Guayana, se produce un contraste muy nítido en la precipitación de este a oeste. Cayenne, en la Guayana Francesa, recibe un promedio de precipitación de 370 cm anuales, mientras que en San Fernando de Apure en los llanos de Venezuela caen 150 cm (Snow 1976). Este contraste es especialmente pronunciado durante el mes de diciembre, época en que las Guayanas reciben grandes precipitaciones provenientes del aire marítimo ecuatorial, además de enero (75 cm en comparación con 1 cm). Durante el solsticio del hemisferio norte, el frente intertropical permanece encima de esta región, acarreando fuertes aguaceros, principalmente entre mayo y agosto, época en que los llanos venezolanos reciben casi el 70% de su precipitación anual (Snow 1976).

El extremo oriental del Brasil goza de un aire estable durante la primavera, época en que se siente un efecto secante en la región inferior y media de la cuenca del Amazonas. Recife, por ejemplo, recibe menos del 10% de su precipitación anual entre setiembre y diciembre. Durante el solsticio del sur, esta subregión puede recibir fuertes aguaceros, a los que se añade la convergencia del frente intertropical. Sin embargo, en los años en que el frente no avanza lo suficiente hacia el sureste, esta circunstancia inflige sequías desastrosas a la región de Fortaleza y Bahía.

El clima de la cuenca del Amazonas está sometido a través del año a la convergencia de masas de aire oriental, a medida que se aproxima a la Cordillera Oriental de los Andes. El promedio de precipitación anual decrece río arriba desde Belem (270 cm) a Santarem y Manaus (200 cm), y luego aumenta a 280 cm en Fonte Boa e Iquitos, Perú. Grandes nubes convexas y severos aguaceros de intensidad creciente son característicos de la zona próxima a la Cordillera. La cresta de las montañas están permanentemente cubiertas de nubes. La nubosidad es la razón por la cual el promedio de temperatura en Iquitos (24,8°C) es más bajo que en Manaus (27,2°C).

La altiplanicie que se extiende del sur de Brasil a Paraguay, este de Bolivia y norte de Argentina, virtualmente no tiene precipitación alguna durante el solsticio del hemisferio norte. Cuiaba, Brasil, por ejemplo, normalmente recibe menos del 20% de la precipitación anual entre abril y setiembre. La Quiaca, Argentina, recibe menos del 5% durante el mismo período. Durante esos meses, el clima de los valles de los ríos Paraguay y Paraná y del Gran Chaco es relativamente frío. En julio, la temperatura media en Corumba, Brasil, a los 19° latitud Sur y una elevación de sólo 138 m, es de 21°C, la temperatura mínima registrada en julio fue de 4°C (Ratisbona 1976).

Algunos promedios climáticos representativos de la gama de latitudes de los trópicos americanos se presentan en el Cuadro A-1.

Cuadro A-1.—Promedios climáticos representativos en el neotrópico

Latitud	Altitud (m)	Precipitación media anual (cm)	Temperatura promedio (°C)	Estación climática
23° N.	20	120	25	Havana, Cuba
22° N.	20	120	24	Tampico, México
21° N.	130	140	25	Camagüey, Cuba
20° N.	2,000	180	15	Terquitan, México
19° N.	50	160	25	Veracruz, México
18° N.	0	190	26	Belize City, Belize
17° N.	2,130	120	14	San Cristobal de las Casas, México
16° N.	0	260	26	Tela, Honduras
15° N.	140	180	25	Fort-de-France, Martinique
14° N.	820	440	25	San Andreas, Osuna, Guatemala
13° N.	60	130	26	Bridgetown, Barbados
12° N.	10	420	26	Bluefields, Nicaragua
11° N.	40	160	25	Port of Spain, Trinidad and Tobago
10° N.	1,120	190	20	San José, Costa Rica
9° N.	1,500	180	19	Mérida, Venezuela
8° N.	0	430	26	Jaque, Panamá
7° N.	0	240	27	Georgetown, Guayana
6° N.	100	220	27	Puerto Ayacucho, Venezuela
5° N.	60	690	27	Andagoya, Colombia
4° N.	420	410	26	Villavicencio, Colombia
3° N.	100	160	28	St. Ignatius, Guayana
2° N.	110	350	26	San Carlos de Rio Negro, Venezuela
1° N.	10	270	27	San Lorenzo, Ecuador
0°	80	290	25	Uaupes, Brasil
1° S.	950	430	26	Belem, Brasil
2° S.	950	430	26	Puyo, Ecuador
3° S.	50	200	27	Manaus, Brasil
4° S.	100	280	26	Iquitos, Perú
5° S.	80	110	26	Barraldo Gorda, Brasil
6° S.	20	270	26	Manicore, Brasil
7° S.	140	270	25	Alto Tapajos, Brasil
8° S.	60	150	26	Recife, Brasil
9° S.	660	310	25	Tingo María, Perú
10° S.	240	180	26	Porto Nacional, Brasil
12° S.	3,380	70	19	Huancayo, Perú
13° S.	260	190	25	Puerto Maldonado, Perú
14° S.	1,380	130	20	Apolo, Bolivia
15° S.	910	160	21	Formosa, Brasil
16° S.	520	180	24	Goias, Brasil
17° S.	20	130	24	Pirapora, Brasil
18° S.	440	100	24	Santa Cruz, Brasil
19° S.	140	110	25	Corumba, Brasil
20° S.	920	160	21	Belo Horizonte, Brasil
21° S.	560	140	22	Riberao Preto, Brasil
22° S.	160	130	23	Bela Vista, Brasil

Fuente: Walter *et al.* 1975, Wernstedt 1961

Apéndice B

Clasificaciones Climáticas

Sistema de Koeppen

En 1900, Wladimir Koeppen publicó una clasificación climática que sigue en uso todavía, con algunas modificaciones (Koeppen 1936). Él concibió la idea de que las plantas constituyen elementos climáticos y que su distribución define las regiones climáticas. Sus principales clasificaciones climáticas para el neotrópico son:

- A. Tropical: el mes más frío tiene una temperatura promedio de más de 18°C
 - Ar = Húmedo: el mes más seco tiene al menos 6 cm de precipitación
 - Am = Monzón: estación seca corta, pero la humedad del suelo es continua
 - Aw = Húmedo y seco: una estación seca de al menos 1 mes con menos de 6 cm de precipitación
- B. Seca: la evaporación excede la precipitación
 - Bs = Estepa: la precipitación sobrepasa la media de la clase
 - Bw = Desierto: la precipitación es menor que la media de la clase

El clima húmedo tropical (Ar) cubre la región oriental de Centroamérica, parte de las islas del Caribe, la región occidental de Colombia, las Guayanas, la cuenca del Amazonas y el litoral Atlántico del Brasil (Fig. B-1). Las temperaturas medias mensuales rara vez exceden 27°C debido a la nubosidad que varía hasta un máximo del 60%. Sin embargo, debido al escaso movimiento del aire, la atmósfera tiene un bajo poder de enfriamiento. La precipitación anual generalmente sobrepasa los 180 cm.

La cuenca del Amazonas es la zona tropical de clima húmedo más grande del mundo; sin embargo, sólo la zona río arriba de Manaus no sufre 1 o 2 meses de sequía. A lo largo del litoral Atlántico de Brasil, desde el cabo San Roque hasta 13° de latitud S, el fin de la primavera y el verano son épocas relativamente secas. La severa precipitación en las tierras bajas del litoral del Pacífico de Colombia proviene del aire ecuatorial inestable que llega del oeste y suroeste y queda bloqueado por las altas montañas. En esta región, las lluvias son más comunes entre la medianoche y las 4:00 am. En las laderas caribeñas de Centroamérica y de las Indias Occidentales, las lluvias del verano decrecen brevemente durante el mes de julio y agosto.

El clima húmedo y seco tropical (Aw) tiene una menor precipitación y una estación más larga de sequía que el clima húmedo tropical (Ar). Generalmente ocurre entre

los 5° y 20° S. Los bosques pluviales de las zonas Aw se dispersan para dar lugar a bosques menos densos y más caducifolios, y a praderas llamadas “sabanas” donde los árboles se hallan dispersos. El cambio de vegetación ocurre gradualmente con el aumento de latitud. La estación más caliente por lo general precede al período de severas lluvias. La precipitación anual comúnmente es de 100 a 150 cm. La estación húmeda (clasificación Aw de Koeppen) se parece al clima de la clasificación Ar, pero para el resto del año se parece al clima desértico o árido (Bw).

Los campos del interior del Brasil, al sur del bosque pluvial, son la región más extensa del mundo con clima de tipo Aw. La precipitación se concentra en la estación de mucho sol. Los llanos de Venezuela y de Colombia constituyen una contraparte de los campos brasileños. Otras zonas con clima tipo Aw en la América tropical incluyen una pequeña sección en el litoral Pacífico de Ecuador, el litoral Pacífico de Centroamérica, la península del Yucatán y las islas de baja elevación de las Indias Occidentales.

Sistema de Thornthwaite

Thornthwaite (1948) aprobó el sistema de Koeppen para la definición de regiones climáticas según la distribución de la vegetación. Sin embargo, llegó a la conclusión (Thornthwaite y Hare 1955) de que no era útil como método de clasificación de climas forestales, ya que los valores de precipitación y temperatura no constituyen por sí solos parámetros climáticos para el control de la vegetación. Entonces, amplió la clasificación climática para incluir estimaciones de pérdida de agua por evapotranspiración posible, como saldo de la precipitación; esto es, la evapotranspiración que ocurriría si hubiera una disponibilidad adecuada de agua en forma continua. Thornthwaite y Hare (1955) enumeran cuatro factores responsables de la evapotranspiración:

- El suministro de energía externa a la superficie que se evapora (principalmente la radiación solar)
- La capacidad del aire de eliminar el vapor (que depende de la velocidad del viento, la estructura de la turbulencia y la disminución de la concentración de vapor con la altura)
- La naturaleza de la vegetación (especialmente su capacidad de reflejar la incidencia de radiación, ocupación del suelo y profundidad del sistema radicular)

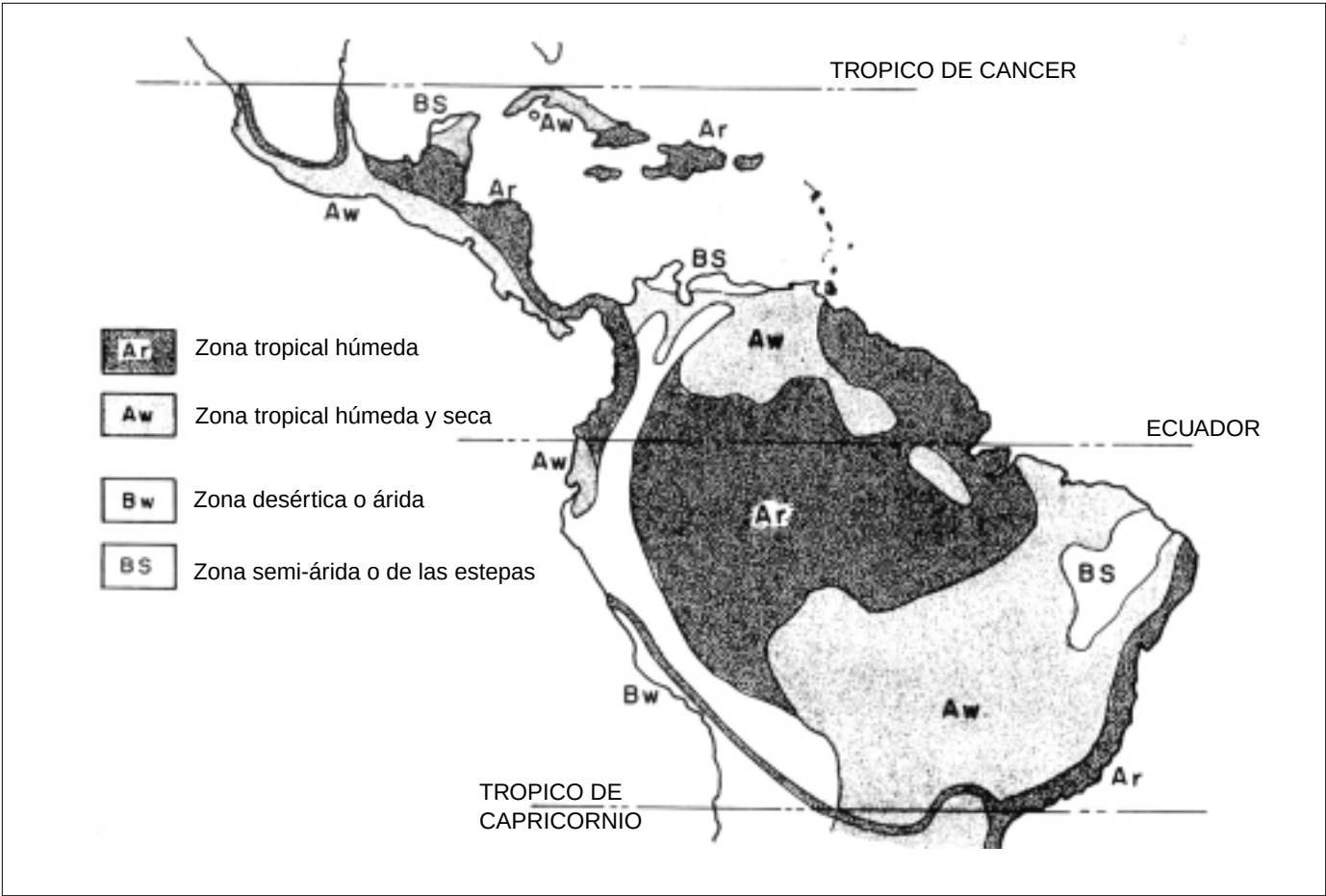


Fig. B-1.—Zonas climáticas de Koeppen, según las modificaciones de Trewartha (1968) para el neotrópico

- La naturaleza del suelo (especialmente la cantidad de agua en la zona de las raíces).

La capacidad de la vegetación de reflejar la radiación (albedo), expresada como porcentaje de la radiación recibida, se midió en la zona templada en la década de 1920 (Angstrom 1925). Para las praderas, el albedo era de 0,26 (26%), 0,175 para los bosques de roble y 0,14 para los bosques de pino.

El potencial de evapotranspiración es un índice de la eficiencia térmica. La relación entre el logaritmo del potencial de evapotranspiración y el logaritmo de la temperatura es lineal; por consiguiente, la temperatura ajustada para el largo del día es una medida de la eficiencia térmica.

El primer paso para determinar el potencial de evapotranspiración, con base en el diagrama de

Thornthwaite, es determinar el “índice calórico” sumando los valores derivados del promedio de la temperatura de cada mes (Cuadro B-1). Una vez que se determina el índice calórico, la razón posible de la

Cuadro B-1.—Índices caloríficos del promedio de temperaturas mensual entre 10 °C y 30 °C			
°C	Índice	°C	Index
10	2.9	22	9.4
12	3.8	24	10.8
14	4.8	26	12.1
16	5.8	28	13.6
18	7.0	30	15.1
20	8.2		
Fuente: Thornthwaite 1948.			

evapotranspiración (no ajustada para el largo del día) se deriva de un diagrama para cada temperatura media mensual. Cada valor del potencial mensual de evapotranspiración no ajustado se multiplica por un factor del largo del día (Thorntwaite 1948).

A partir de estas relaciones, y asumiendo un almacenaje de 30 cm de agua en el suelo, Thorntwaite y Hare

(1955) desarrollaron un presupuesto de agua que incluye la evapotranspiración real mensual y los meses con déficit y excedente de agua. El resultado final se ilustra con la Fig. B-2. Durante cualquier mes del año, el agua puede ser deficiente o excesiva; parte del exceso puede servir para reaprovisionar el almacenaje del agua en el suelo antes de que ocurra un nuevo excedente.

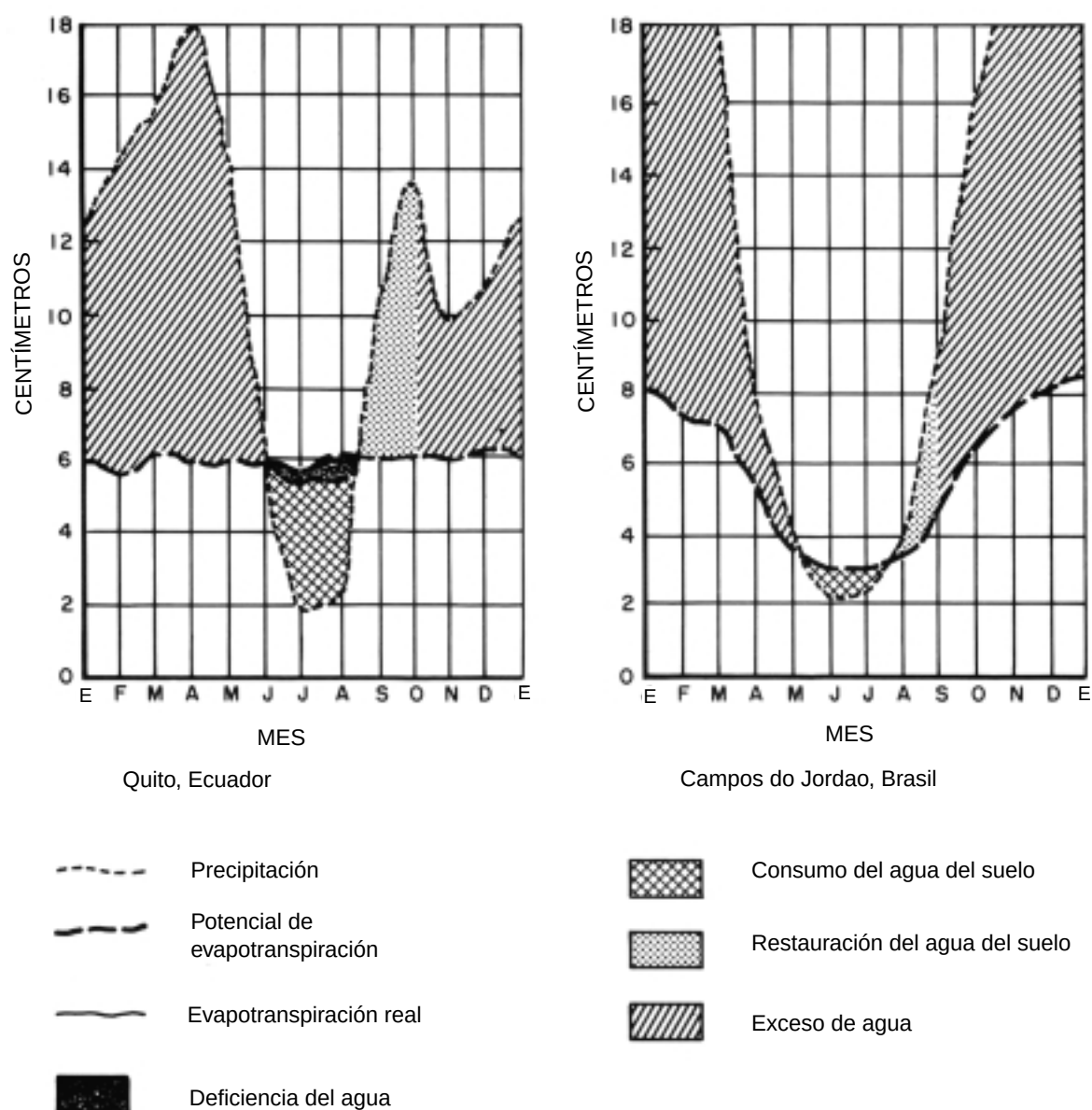


Fig. B-2.—Resultados de la aplicación de los procedimientos de Thorntwaite a dos climas (Golfari 1968b)

Thornthwaite desarrolló el índice de humedad (I_m) del siguiente modo (1948):

$$I_m = \frac{(100 s - 60 d)}{n}$$

donde s = excedente anual de agua
 d = deficiencia anual de agua
 n = evapotranspiración anual potencial, o necesidad de agua

Así, los climas cuyo índice es de +100 o más se clasifican como per-húmedos; húmedos los climas cuyo índice varía de +20 a +100; sub-húmedos los climas cuyo índice varía de -20 a +20; semi-áridos los que presentan índices entre -20 a -40 y áridos los climas cuyo índice es menos de -40. Una debilidad del sistema es que el potencial de evapotranspiración se deriva sólo de los datos de temperatura. Los resultados no son siempre confiables, pero el sistema permite que se hagan estimados en situaciones en que no se pueden aplicar fórmulas más exactas (Cochrane y Sánchez 1981).

El Sistema Holdridge

Holdridge (1947) publicó un diagrama de clasificación de zonas de vida mundiales que, con subsiguientes modificaciones (Holdridge 1967), se ha aplicado en muchos países del neotrópico. Las zonas se definen mediante límites progresivos del promedio de precipitación anual y del promedio de la biotemperatura. Esta última se deriva para un año promedio, sumando todas las temperaturas por hora entre 0° y 30°C (los límites supuestos para el crecimiento de las plantas) y dividiendo por la cantidad total de horas en un año. La Fig. B-3 presenta un esquema del sistema para la región.

Todas las zonas tropicales de Holdridge tienen una biotemperatura que excede los 24°C; el promedio de las zonas sub-tropicales es de 18° a 24°C, y generalmente están libres de heladas. A bajas elevaciones (basales), estas dos zonas corresponden aproximadamente a los trópicos ecuatoriales y externos definidos en otras partes. Los trópicos basales se hallan a elevaciones que corresponden a biotemperaturas de aproximadamente 24° a 18°C (entre 500 a 1500 m). Una franja de altitudes montanas se encuentra a los 18°C, o 1500 m. Más arriba, entre los 18° y 12°C (de 1500 a 2500 m) se halla la zona baja montana, etc. Los terrenos de América

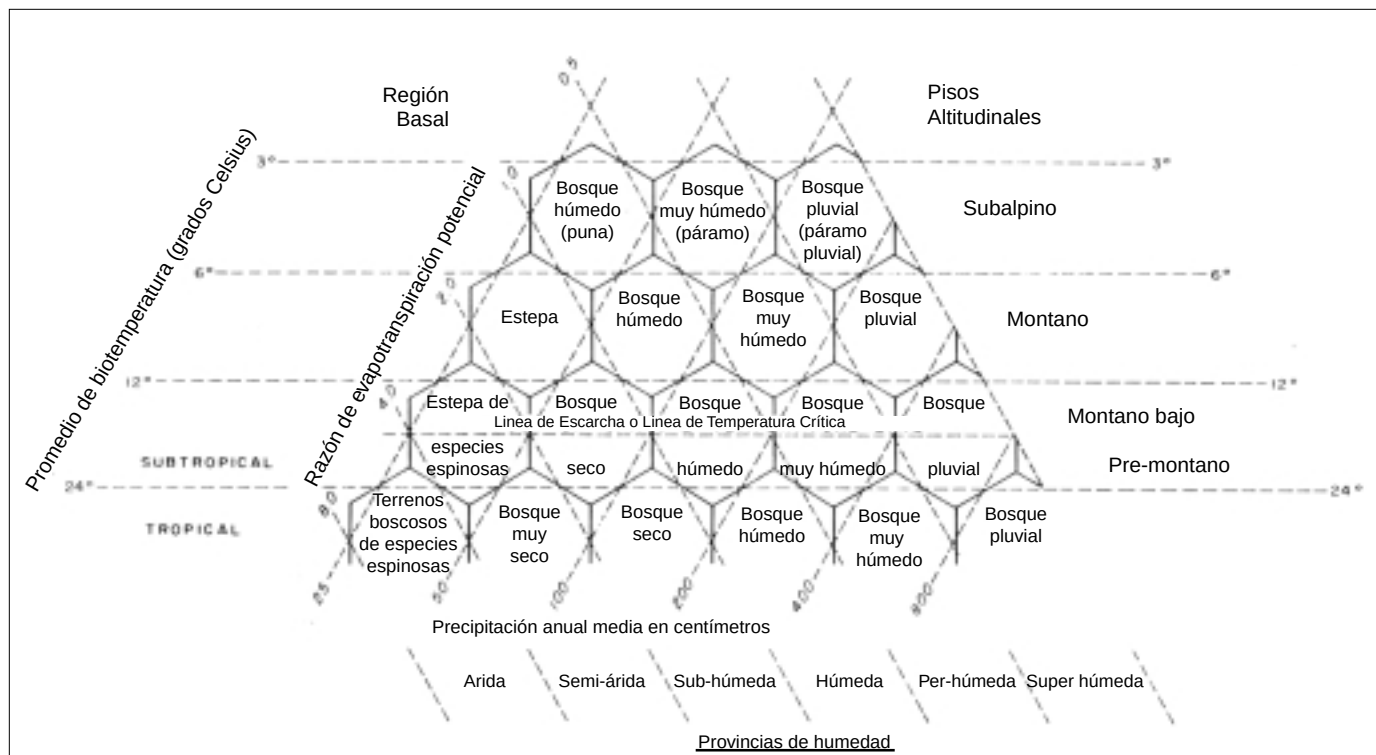


Fig. B-3.— Sistema de zonas de vida de Holdridge, con leves modificaciones

Cuadro B-2.—Superficie terrestre de Centroamérica distribuida en zonas de vida (miles de km²)

Franjas altitudinales	Superficie total por zona de precipitación					Porcentaje
	Muy seca	Seca	Húmeda	Muy Húmeda	Pluvial	
Tropical	6.2	98.5	171.8	9.5	0.0	60
Subtropical	0.0	16.6	64.5	72.9	0.8	32
Montano bajo	0.0	0.3	19.8	12.7	0.7	7
Montano	0.0	0.0	0.8	1.3	rastro	1
Subalpino	0.0	0.0	0.1	1.3	rastro	1
Porcentaje	1	25	54	20	rastro	100

Fuente: Budowski 1964b.

Central (sin contar Belice) en cada una de las zonas de vida se resumen en el Cuadro B-2 (Budowski 1964b).

Una de las ventajas principales del sistema de Holdridge es que está basado en parámetros climáticos que ya tenemos al alcance: la precipitación media anual y la biotemperatura. Esta última, sin embargo, requiere un registro de temperaturas por hora. Donde no se cuenta con ese dato, Holdridge da aproximaciones de biotemperatura para los trópicos externos mediante la siguiente fórmula (Holdridge 1978):

Biotemperatura =

$$\frac{t_{\text{media}}^{\circ\text{C}} - (0,3)(^{\circ}\text{latitud})(t_{\text{media}}^{\circ\text{C}} - 24)^2}{100}$$

donde, t°C = temperatura en grados Celsius.

El sistema de Holdridge difiere de los demás por su escala geométricamente progresiva, porque confía principalmente en medias anuales (para describir un clima estacional), y por sus franjas altitudinales. Su gran cantidad de zonas complica el trazado de mapas a escala mundial. Sin embargo, se ha completado una serie de mapas a gran escala (1 : 250 000 a 1 : 1 000 000) para los países de Centroamérica, el Caribe y norte de Sudamérica. La Fig. B-4 es un mapa muy reducido de Puerto Rico que pertenece a esta serie (Ewel y Whitmore 1973).

Sistema de Walter

En 1964, Walter (1971) preparó un diagrama de los climas mundiales con láminas superpuestas de temperaturas y precipitaciones a escala vertical, en que los 10°C eran iguales a 20 cm de precipitación (Fig. B-5).

En estos diagramas, la estación se identifica en la parte superior, seguida por su elevación en metros. A la derecha se encuentran las medias de temperatura en grados Celsius y de precipitación anual en milímetros. La cantidad de años abarcados por el registro se indica debajo del nombre de la estación. En el borde inferior izquierdo se encuentra la temperatura media del mes más frío y por debajo, la temperatura mínima. La escala horizontal consiste de los meses del año, con la estación más calurosa en posición central (de naturaleza opuesta en los hemisferios sur y norte).

Las escalas verticales representan la temperatura (a la izquierda), a intervalos de 10 cm, y la precipitación mensual a intervalos de 20 mm (a la derecha); la escala se redujo a un décimo sobre 100 cm. La zona de puntos se define como de “sequía relativa”, mientras que la zona de líneas verticales se define como de “humedad relativa”. La zona en negro indica precipitación superior a 100 mm por mes. Este sistema demuestra el patrón estacional de disponibilidad de humedad, sin estimar el potencial de evaporación ni la capacidad de almacenaje de humedad en el suelo. Los mapas mundiales con diagramas para la mayoría de las regiones, acompañados por datos de elevación, temperatura promedio y precipitación anual, facilitan las comparaciones amplias del clima. Este sistema reconoce nueve zonas climáticas, dos de las cuales son claramente tropicales (Fig. B-6):

- I. Zona ecuatorial — entre los 10°N y 10°S, dos estaciones de lluvia, muy alta precipitación y humedad y poca variabilidad de las temperaturas.
- II. Zona tropical — de 10° a 30° N y de 10° a 30°S, la estación húmeda de verano coincide con (o algo más

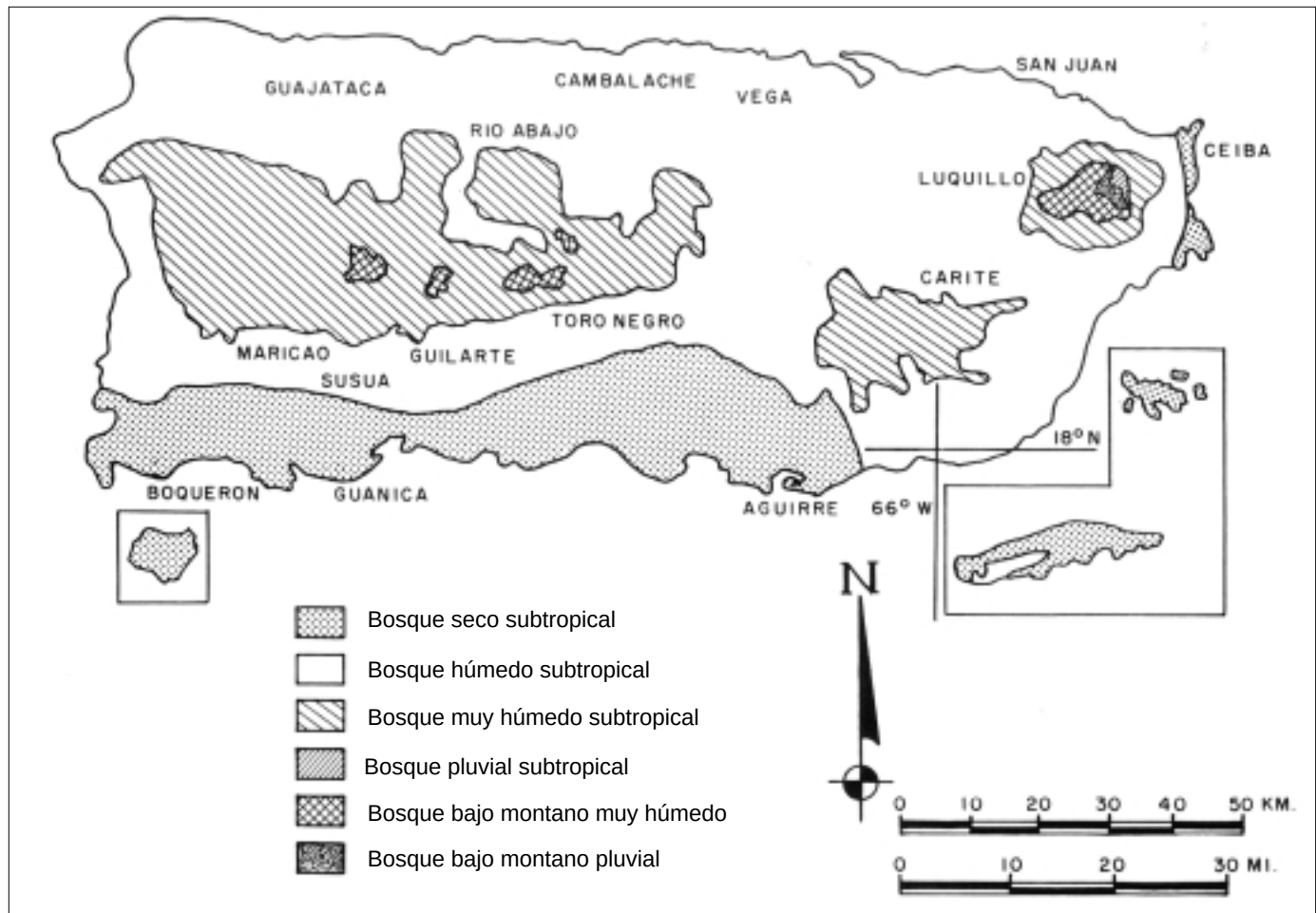


Fig. B-4.—Aplicación del sistema de zonas de vida de Holdridge a Puerto Rico (Ewel y Whitmore 1973)

atrasada) que la latitud del sol; la precipitación decrece con la distancia al ecuador, por lo general libre de heladas.

Otras zonas que aparecen en el mapa de Walter incluyen la zona árida subtropical (III) y la zona templada caliente (V). Walter indicó que las

temperaturas medias decrecen con más rapidez hacia el sur que hacia el norte, a partir del Ecuador, aunque las diferencias estacionales se presentan con mayor lentitud debido al efecto amortiguador de la pequeña masa terrestre del hemisferio sur. Por la misma razón, las temperaturas aumentan tierra adentro con la distancia desde la costa.

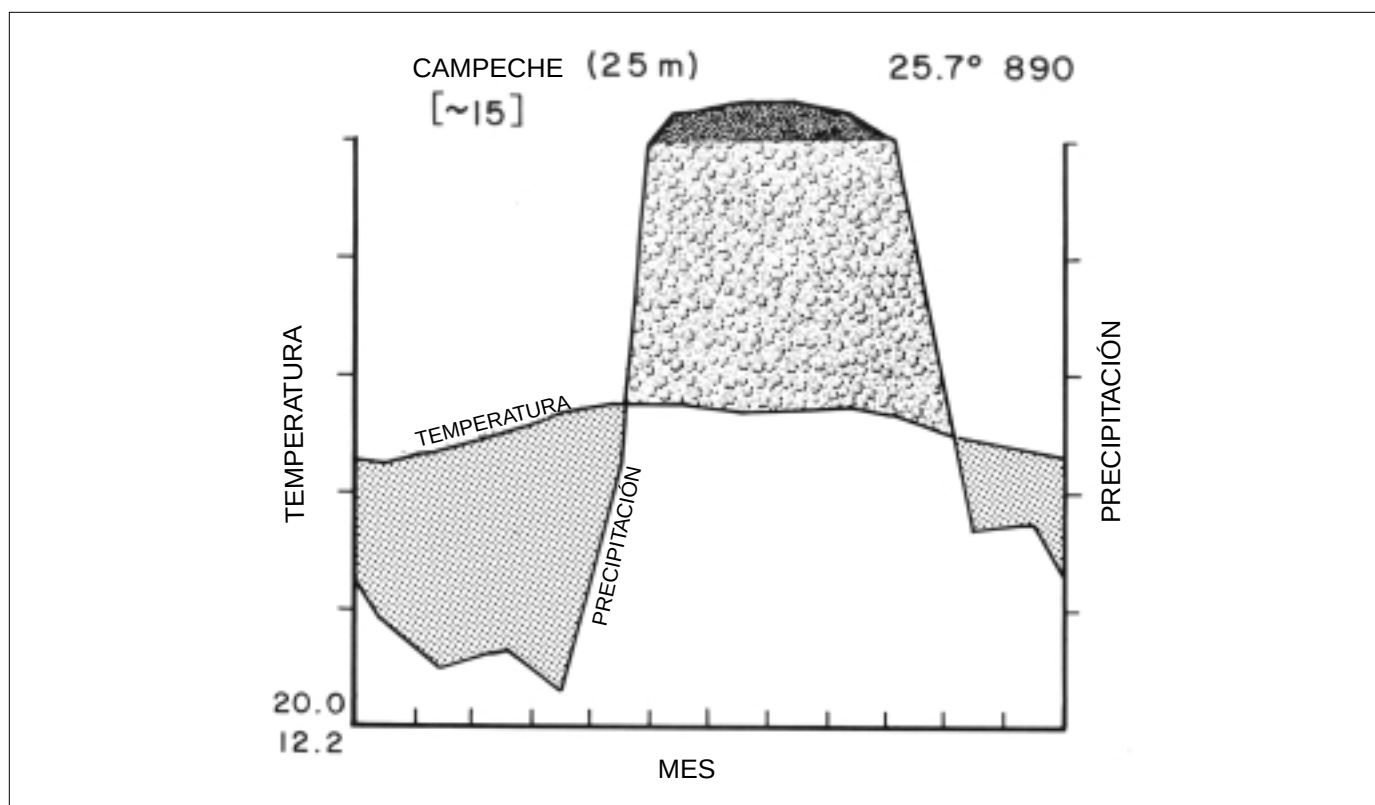


Fig. B-5.—Ejemplo del diagrama de Walter de los climas mundiales (Walter (1971). Campeche = estación bajo monitoreo; 25,7 = temperatura media en grados Celsius; 890 = precipitación anual en milímetros; [~15] = número de años del registro; 25,0 = temperatura media durante el mes más frío; 12,2 = temperatura extrema mínima.

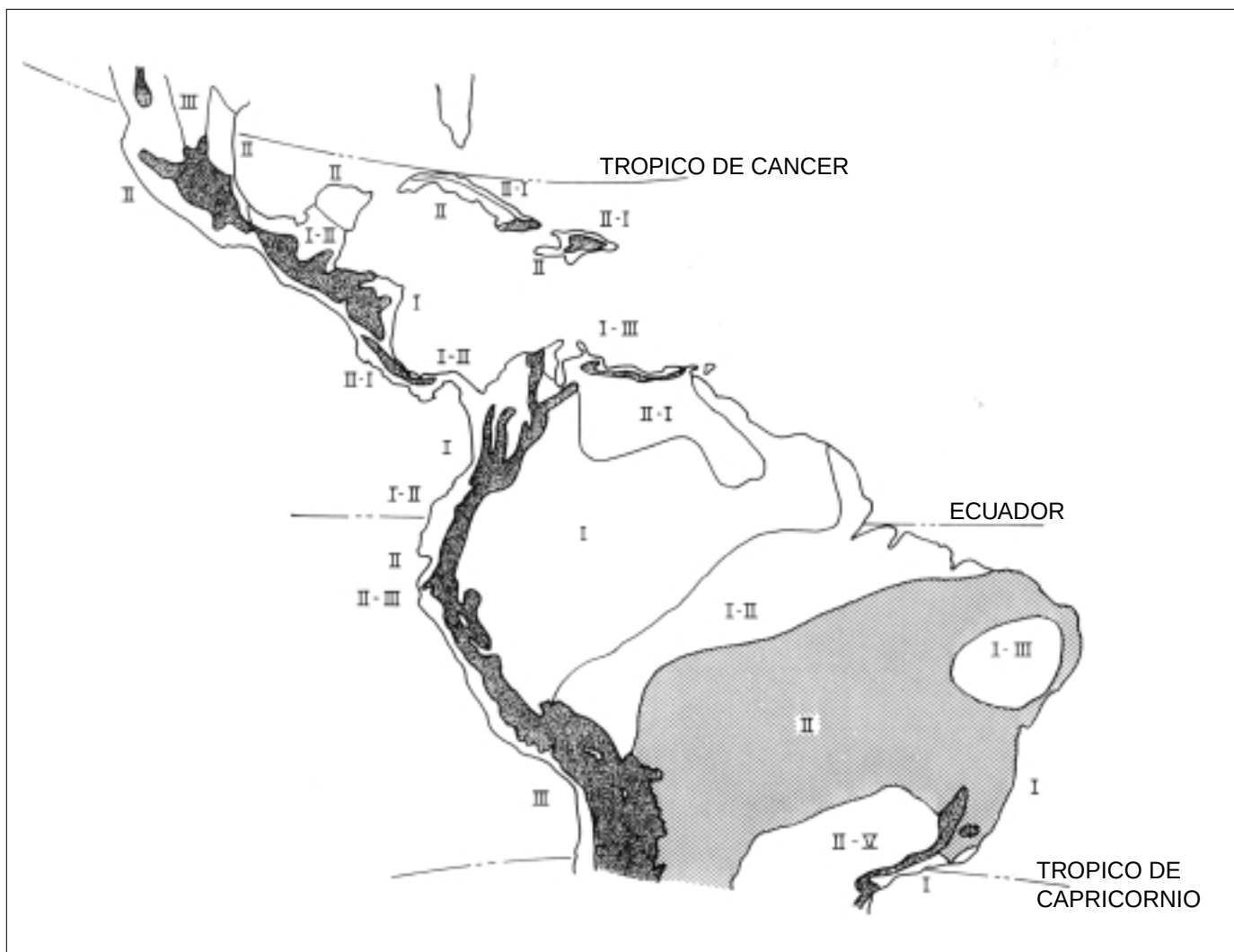


Fig. B-6.—De las nueve zonas climáticas reconocidas, cuatro se encuentran en Centroamérica y Sudamérica: I = zona ecuatorial; II = zona tropical; III = zona árida subtropical; IV = zona templada caliente (Walter 1971).

Apéndice C

Desarrollo de los Bosques

Este apéndice se basa en un estudio efectuado por UNESCO (Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura) y FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura) (Anón. 1978b).

Después de la Era Paleozoica (hace unos 230 millones de años), el continente único que constituía la Tierra se separó en masas terrestres al norte y al sur. Desde ese momento, la fauna y la flora se desarrollaron de forma divergente, adaptándose a condiciones distintas y cambiantes. Por eso la flora de Centroamérica y de Sudamérica son distintas.

Hasta fines del Período Cretáceo, hace unos 100 millones de años, lo que hoy es Sudamérica y África formaban parte de una sola masa terrestre y sus floras eran semejantes (Herngreen 1974). Pero en ese punto la masa terrestre del sur se separó en dos continentes que empezaron a alejarse uno del otro. Sin embargo, hasta el comienzo de la Era Cenozoica, que comenzó hace unos 65 millones de años, estaban separados por sólo 600 km, con islas intermedias que vinculaban a las especies de las dos zonas hasta el Eoceno, hace casi 38 millones de años (Prance 1978). En ese momento, el oeste de Norteamérica todavía formaba parte de Asia y la emigración de la flora y fauna continuaba hasta lo que hoy se considera Centroamérica. Desde aquel entonces, el clima de la parte norte de Sudamérica ha sido tropical.

Durante la Era Cenozoica, hace unos 10 millones de años, continuaba el levantamiento de la cordillera, que había empezado hacía tiempo. Llegada la época media del Plioceno, hace 6 millones de años más o menos, el norte y el sur de América se volvieron a juntar (Prance 1978). Las plantas y los animales seguían entremezclándose, efecto que pudo haber comenzado hace unos 16 millones de años. El efecto de la topografía y del ambiente severo de las tierras altas del istmo de Centroamérica demoró el proceso. La Cordillera alcanzó su altura actual hace un millón de años.

Los cambios que se efectuaron durante los últimos quinientos mil años del Pleistoceno produjeron una glaciación en las regiones más frías de la Tierra, la cual también afectó a los trópicos. Sin embargo, los glaciares no eliminaron muchas de las especies de las bajas elevaciones (Vuilleumier 1971). Lo que sí ocurrió, fue que al avanzar y retroceder, los glaciares hicieron que el nivel del mar fluctuara en las tierras bajas de la cuenca

del Amazonas, inundando periódicamente gran parte de la zona. Así, sólo quedaron refugios aislados (zonas de climas inalterados durante períodos de cambios climáticos continentales) en los antiguos ecosistemas terrestres (Prance 1978). Cuando las inundaciones se retiraron, los sistemas terrestres avanzaron a partir de estos refugios. El alto grado de endemismo (especies limitadas a una región específica) de las especies que se encuentran en dos grandes refugios, los escudos (núcleos continentales cubiertos por rocas sedimentarias) del Brasil y de las Guayanas demuestran que este proceso todavía continúa. No obstante, estos refugios no se encuentran muy lejos el uno del otro.

La precipitación también ha fluctuado desde que se formó la Cuenca del Amazonas (Prance 1978). La zona era húmeda y forestada hace 9 o 10 millones de años; luego se secó y volvió a ser forestada durante los últimos 2 millones de años.

Evidencias más detalladas del desarrollo de biotipos en la América tropical todavía es fragmentaria y proviene en su mayoría de los restos de plantas (principalmente granos de polen) y de los restos de animales encontrados en los sedimentos de los lagos que han resistido la descomposición en ambientes ácidos que carecían de oxígeno.

Las clases de árboles modernos empezaron a aparecer en la región hace 70 millones de años. Ciertas Bombacaceae aparecieron durante el Paleoceno (hace 55 a 65 millones de años), *Rhizophora* apareció en el Oligoceno (hace 25 a 35 millones de años) y *Symphonia* en el Mioceno (hace 10 a 25 millones de años). La mayoría de las familias de mamíferos que existen hoy surgieron durante el Período Terciario (de un millón a 65 millones de años atrás). La presencia de la fauna mamífera de Sudamérica incluye formas cuyo origen proviene tanto del hemisferio norte como del sur.

La flora arbórea actual de la América tropical refleja una emigración de norte a sur y de este a oeste. Se incluyen familias con afinidades subtropicales además de muchos géneros de naturaleza pan-tropical. Las Juglandaceae (*Juglans*) provienen del norte, mientras que las Cunoniaceae (*Weinmannia*), Magnoliaceae (*Talauma*) y Myrtaceae (*Eugenia* y *Psidium*) son del sur. Los géneros de árboles pan-tropicales de la América tropical incluyen los siguientes (Anón. 1978b):

Género (Familia)	Género (Familia)
<i>Beilschmiedia</i> , <i>Persea</i> (Lauraceae)	<i>Dendropanax</i> (Araliaceae)
<i>Calophyllum</i> , <i>Clusia</i> (Guttiferae)	<i>Diospyros</i> (Ebenaceae)
<i>Casearia</i> , <i>Homalium</i> (Flacourtiaceae)	<i>Erythroxylon</i> (Erythroxylaceae)
<i>Cassia</i> , <i>Cynometra</i> (Caesalpiniaceae)	<i>Eschweilera</i> (Lecythidaceae)
<i>Celtis</i> (Ulmaceae)	<i>Fagara</i> (Rutaceae)
<i>Cordia</i> (Boraginaceae)	<i>Guarea</i> , <i>Trichilia</i> (Meliaceae)
<i>Dacryodes</i> , <i>Protium</i> (Burseraceae)	<i>Ixora</i> , <i>Psychotria</i> (Rubiaceae)
<i>Licania</i> (Chrysobalanaceae)	<i>Simarouba</i> (Simaroubaceae)
<i>Manilkara</i> (Sapotaceae)	<i>Sloanea</i> (Eleocarpaceae)
<i>Pentaclethra</i> (Mimosaceae)	<i>Sterculia</i> (Sterculiaceae)
<i>Pterocarpus</i> (Papilionaceae)	<i>Terminalia</i> (Combretaceae)
<i>Rauwolfia</i> (Apocynaceae)	<i>Vitex</i> (Verbenaceae)
<i>Sapium</i> (Euphorbiaceae)	

Estudios en la Cordillera Oriental de Colombia (van Geel y van der Hammen 1973, van der Hammen 1974, van der Hammen y González 1960, van der Hammen y Wijmstra 1964, van der Hammen *et al.* 1973) demuestran que los bosques tropicales antiguos contenían familias de Bombacaceae y de los siguientes géneros, *Alchornia*, *Hyeronima*, *Humiria*, *Ilex*, *Iriartia* y *Mauritia*. La elevación controlaba la distribución de estas especies. La flora actual apareció hace unos 3 millones de años; *Alnus* del norte hace casi dos millones de años y *Quercus* hace menos de un millón de años.

El desarrollo del bosque durante el Período Cuaternario -o sea, los últimos 600 000 años, y particularmente durante las glaciaciones del Pleistoceno en los últimos 50 000 años- han influido mucho en la ubicación y el carácter de los bosques actuales. La secuencia de los cambios climáticos que han caracterizado a los períodos glaciales e inter-glaciales en el hemisferio norte se replicó en los trópicos.

Apéndice D

Clasificaciones de los Bosques

La tarea de describir y tratar de explicar la gran diversidad de ecosistemas forestales en los trópicos ha ocupado a biólogos, ecólogos y dasónomos durante más de un siglo.

Los científicos de la zona templada, al comparar los ecosistemas tropicales con los de la zona templada, han concluido que las diferencias sólo son cuestión de grado. De Laubenfels (1975, p. 38) declara que “no se puede decir con justicia que existe una clase de formación vegetativa en las latitudes medias que se puede segregar con éxito de las clases tropicales correspondientes. Sólo es posible identificar las divisiones florísticas y los rasgos únicos que separan a una planta dada (o grupo de plantas) de todas las demás.” Por ejemplo, las plantas tropicales son sensibles a las heladas; pero, las plantas de la zona templada necesitan variaciones en el largo del día o de temperatura para completar sus ciclos de vida.

De Laubenfels (1975) enumeró varias características fisionómicas que distinguen a las cuatro formaciones principales de plantas: el bosque pluvial, el bosque estacional, los terrenos boscosos y el desierto. Consideró que un sotobosque continuo es una característica de los bosques pluviales; que los bosques estacionales no son estructuralmente diferentes, sino sólo árboles dispersos debajo del dosel, aunque también incluyen árboles que pueden perder sus hojas durante varias semanas. Los bosques, a diferencia de los terrenos arbolados (“woodland”), tienen doseles continuos, aperturas entre las copas de los árboles que llegan hasta el suelo y árboles juveniles distribuidos al azar o concentrados en los claros del bosque. De Laubenfels también concluyó que una sequía prolongada elimina a las plantas delicadas, tolerantes a la sombra.

Los intentos de caracterizar y diferenciar los ecosistemas forestales tropicales generalmente incluyen la agrupación en clases de los sujetos que comparten características comunes (Havel 1980). Luego, se intenta relacionar las clases con las condiciones ambientales fundamentales. Mediante tal clasificación se infiere que las diferencias entre los miembros que pertenecen a cada clase son menores que las diferencias entre clases.

En general, las clasificaciones aceptables de los bosques tropicales han sido un tanto esquivas. Si se usan como criterios factores eternos (como clima y suelo), las categorías resultantes por lo general carecen de validez (De Laubenfels 1975). Donde las características de la

vegetación reflejan factores externos, es más lógico usar esas características para la clasificación. Las especies por lo general no sirven para clasificar las formas de las plantas, y muy poco se puede hacer con las formas de plantas individuales, debido a las agregaciones de las distintas formas de las plantas. Grubb *et al.* (1963) encontraron que el uso de varios estratos vegetativos para separar tipos de bosques tropicales era de aplicabilidad dudosa, y concluyeron que cualquier intento de aplicar un sistema universal de clasificación termina por oscurecer tantas verdades como las que logra esclarecer. Havel (1980) está de acuerdo en que debido a la gran variedad de características de la fisionomía y del ambiente usadas para clasificar a los bosques para distintos propósitos, no existe una clasificación única capaz de ser la mejor bajo todas las circunstancias. La descripción y clasificación de clases de bosques todavía está sin resolver, a pesar del interés reciente en la automatización, que, en contraste con la clasificación, se dedica principalmente a las continuidades y gradientes dirigidas a la fisionomía de las plantas o al ambiente en que se encuentran.

Sistema de Schimper

En 1898, Schimper reunió la información conocida sobre la significancia del agua, calor, luz, aire, sol y fauna para las plantas. Schimper consideró que los bosques, praderas y desiertos eran climáticos, y que dependían principalmente de la cantidad y distribución de la precipitación; de la influencia desecadora de la falta de saturación de humedad atmosférica y del movimiento del aire. Concluyó que la flora se distribuye principalmente según la temperatura. Schimper también concluyó que una transición abrupta entre bosque, pradera y desierto está determinada principalmente por el suelo. A las comunidades de plantas que reflejan la humedad general, los regímenes de las temperaturas y las condiciones del suelo de la región, las definió como formaciones climáticas o edáficas.

Schimper definió los bosques como las formaciones vegetales dominadas por plantas leñosas; esta categoría incluye el bosque cerrado, monte bajo (si los arbustos son más abundantes que los árboles), y matorrales (si la vegetación está compuesta enteramente por malezas). Según él, los árboles crecen donde la precipitación es generalmente más abundante que en las zonas de las praderas. Sin embargo, no es la precipitación continua, sino la disponibilidad continua de humedad cerca de las raíces, la que promueve el crecimiento de los bosques. Los bosques edáficos, según Schimper, incluyen los

“bosques de riebera” a lo largo de los ríos y lagos, y los manglares y bosques pantanosos cerca del agua estancada.

Como “bosques pluviales” designó a la vegetación natural de las regiones tropicales que están constantemente húmedas. Estos bosques por lo general reciben más de 200 cm de precipitación anual, aunque en algunas zonas, con sólo 150 cm surge una vegetación con atributos de bosque pluvial. En la región del Amazonas, donde una precipitación anual de más de 200 cm es la excepción, los bosques exuberantes están confinados a las orillas de los ríos.

Los bosques pluviales presentan una variedad de tonos de verde, pocas flores visibles, una mezcla de lianas, árboles de troncos derechos y un sotobosque abundante. La vegetación herbácea se desarrolla en las partes más iluminadas y los pastos son insignificantes. Los troncos de los árboles están cubiertos por epífitas. La lucha de las plantas por la luz es evidente en todas partes.

Según Schimper, los bosques del interior del Brasil, al sur del Amazonas, son de tipo “monzón”; su definición del tipo de bosque más próximo a bosques pluviales en cuanto a la disponibilidad de humedad. Este tipo de bosque se convierte en sabana y bosques espinosos a través de largas extensiones. Los bosques de especies con espinas (caatinga con Cactaceae y Mimosaceae) son de carácter intermedio entre los bosques del Amazonas y las sabanas (campos) al sur.

También se refirió al efecto significativo que las montañas tienen sobre la vegetación, no sólo en las laderas mismas sino en las zonas más planas circundantes. Allí, la precipitación excede la de las tierras bajas y puede producir bosques pluviales de riqueza excepcional. La vegetación de las laderas más bajas de las montañas en el trópico ecuatorial presenta un contraste con la vegetación de las tierras bajas que principalmente se basa en la composición. Generalmente, los árboles en los bosques pluviales montanos tropicales son perennes y carecen de gambas. Su apariencia es más masiva, sus ramificaciones más pronunciadas y sus hojas más pequeñas y gruesas que las de los árboles de las tierras bajas. Existen menos lianas y las que hay son más delgadas; las epífitas más exuberantes pero más pequeñas, en general musgos o helechos en vez de fanerógamas. Las montañas ecuatoriales y las tierras bajas tropicales externas están estrechamente vinculadas desde el punto de vista

ecológico. En los trópicos externos, en las elevaciones más altas, los bosques montanos se han convertido en bosques templados (caducifolios).

En las montañas tropicales, más arriba de los bosques montanos, Schimper describe un bosque de transición enano, con árboles cortos de muchas ramas y follaje xerófilo, hasta llegar a la región alpina. Las franjas de elevación sucesiva producen un matorral xerófilo, praderas o estepas alpinas y, finalmente, un desierto alpino. En las zonas secas, puede que sólo la franja montana esté forestada.

En resumen, Schimper reconoció las siguientes formaciones vegetales en los trópicos:

Climático	Edáfico
Bosque pluvial de tierra baja	Bosque pantanoso
Bosque pluvial montano	Bosque del litoral sobre la marea alta
Bosque de monzón	Bosque del litoral bajo la marea alta
Bosque de sabana	Bosque de suelo calizo
Bosque espinoso	Bosque de suelo húmico
	Bosque de suelo silíceo

El trabajo de Schimper ha servido de base a intentos más recientes de caracterización de los bosques tropicales. Según Burt-Davy (1938), el hecho de que Schimper haya confiado principalmente en el clima para clasificar la vegetación, y en el hábito o fisionomía de las plantas para subdividir las zonas climáticas, es especialmente útil para los dasónomos, quienes enfrentan “obligaciones múltiples, tanto administrativas como ejecutivas que les impide actuar como ecólogos pura y simplemente.” P.W. Richards (1961) concluyó que Schimper subestimó las influencias edáficas sobre las clases de vegetación en los trópicos muy húmedos, donde son menos evidentes que en los trópicos estacionales, pero igualmente importantes.

Sistema de Chipp

Chipp propuso una clasificación que combina la fisionomía vegetativa con bases edáficas y climáticas (Tansley y Chipp 1926). Las categorías de montes tropicales son las siguientes:

Bosque Cerrado —por lo general, sin pastos

1. Bosque Pluvial — bajas altitudes, altas temperaturas, estación seca nula o de corta duración; donde está confinado a franjas a lo largo de los ríos se le llama “bosque marginal”.
2. Bosque Montano — a mayores altitudes, temperatura moderada, generalmente sujeto a niebla y nubes.
3. Manglar — agua superficial y salada

Pradera — árboles aislados o en grupos en suelos con cobertura herbácea parcial o continua; por lo general no hay lianas.

1. Transición — franjas o islas de bosque cerrado rodeadas de pastizales con árboles.
2. Pastos altos, árboles bajos de sabana — árboles solos o en grupos, troncos cortos y retorcidos; pastos de 2 a 4 m de alto.
3. Bosque abierto — sin dosel cerrado, cobertura herbácea donde predominan los pastos.
4. Huertos — árboles diseminados en el campo, a menudo con palmas.
5. Monte espinoso — árboles grandes entre matorrales espinosos, la cobertura de pasto rara vez es continua.

Burtt-Davy (1938) consideró que este sistema era imperfecto porque no cubría todos los tipos de vegetación, tales como el bosque caducifolio; presentaba traslapes y era vago en cuanto a los límites de ciertos tipos.

Sistema de Champion

Un forestal ubicado en la India (Champion 1936a) propuso extender el uso de la fisionomía en la clasificación de bosques tropicales de la siguiente forma:

Bosque Húmedo (24 m de altura o más)

1. Bosque húmedo perenne (pluvial) — denso, formado por especies total o casi totalmente perennes.
2. Bosque semi-perenne — los árboles dominantes incluyen caducifolios, pero predominan las especies perennes.
3. Bosque húmedo caducifolio — los árboles dominantes son principalmente caducifolios, pero los sub-dominantes o de estratos bajos son perennes; el dosel superior es rara vez denso.

Además, Champion reconoció diez tipos edáficos húmedos (tal como el matorral de bambú) y ocho tipos

de series ecológicas (tal como bosques de playa, de zonas de marea, de agua fresca, de pantano y fluviales).

Bosque Seco

1. Bosque seco caducifolio — cuyo dosel rara vez crece más de 24 m de altura y es enteramente caducifolio.
2. Bosque de especies espinosas — cuyo dosel es más o menos interrumpido, caducifolio.
3. Bosque seco perenne — generalmente de menos de 18 m de altura, predominan árboles perennes de hojas duras.

Champion también reconoció 12 tipos edáficos secos (como las dunas del interior), cuatro tipos de series ecológicas primarias (como terrenos secos ribereños) y tres tipos secundarios de series ecológicas (caducifolios, matorral caducifolio y sabana).

Bosque montano subtropical

1. Bosque muy húmedo — de hojas anchas y predominantemente perenne.
2. Bosque húmedo —predominan las asociaciones de pinos.
3. Bosque seco perenne — bosque bajo xerófito y matorrales.

Sistema de Burtt-Davy

Impresionado por las semejanzas entre las clasificaciones derivadas por Chipp y Champion en regiones lejanas entre sí, Burtt-Davy (1938) propuso una clasificación de formaciones combinadas en que distinguió tres comunidades de plantas en orden jerárquico:

1. Asociación — la unidad florística fundamental, según Tansley y Chipp (1926; p. 9-10): “La unidad más grande que consiste de una combinación definida de especies (generalmente con dominantes específicos) y un hábitat adecuado, que recibe el nombre de la especie dominante o de las dominantes y co-dominantes.”
2. Tipo de formación — bosque, pradera o desierto, distinguido por la fisionomía de sus especies dominantes.
3. Formación — un grupo de asociaciones que se asemejan en cuanto a fisionomía general y hábitat climático o edáfico más estrechamente de lo que se asemejan a cualquier otra asociación; generalmente se nombra con base en el hábitat fisionómico o climático o edáfico (bosque perenne).

La clasificación de Burtt-Davy de las formaciones boscosas tropicales se da a continuación:

A. Bosque húmedo

1. Formaciones climáticas húmedas
 - a. Bosque pluvial perenne, incluye el bosque pluvial perenne de la zona montana baja.
 - b. Bosque pluvial semi-perenne
 - c. Bosque caducifolio húmedo
 - d. Bosque pluvial montano alto
 - e. Bosque conífero montano alto
 - f. Bosque montano de bambú
 - g. Bosque enano alpino
2. Formaciones edáficas húmedas
 - a. Bosque ribereño
 - b. Bosque pantanoso de agua fresca
 - c. Pantano de palmas
 - d. Manglares
 - e. Bosque de litoral

B. Bosque seco

1. Bosque perenne seco
2. Bosque de sabana
3. Bosque espinoso

Para cada formación, Burtt-Davy dio sinónimos, definiciones, descripciones generales, hábitat, clima y subformaciones. Los bosques húmedos se diferencian de los secos por el agua disponible y no sólo la precipitación. Sin embargo, las formaciones húmedas generalmente reciben más de 120 cm de precipitación por año, y las formaciones secas menos. La zona montana alta se refiere a elevaciones de 1500 m o más en los trópicos ecuatoriales. Los montes enanos de la zona alpina generalmente se encuentran a elevaciones de 2900 m o más.

Sistema de Beard

Beard (1944b) consideró el trabajo de Burtt-Davy como un intento por correlacionar la nomenclatura y armonizar los sistemas de clasificación. El enfoque fisionómico, basado en estudio de la estructura de la comunidad, como determinante de la ocurrencia de los principales tipos de plantas, fue decisivo en el trabajo de Beard (1973). Beard concluyó que la base fisionómica de la clasificación cumple con todos los requisitos esenciales del tratamiento de formaciones tropicales tipo clímax. La estructura y las formas de vida se pueden reducir a medidas exactas en el campo, y para los tipos registrados de ese modo, se puede determinar matemáticamente la estructura y las formas de vida de

cualquier formación deseada. Es posible construir diagramas de la estructura con base en las medidas que se han tomado. Las formas de vida se pueden expresar matemáticamente en porcentajes, como cuando se declara que el 56% de los árboles del estrato superior del bosque tienen hojas compuestas. Una vez que se hace esto, indica Beard, un trabajador en cualquier otra zona tropical puede determinar la estructura y forma de vida de cualquier comunidad forestal de la zona, comparándola con el "patrón." Una característica esencial de este sistema es el diagrama de perfiles (Fig. D-1, Beard 1949), basada en una franja de 8 m de ancho y 60 m de largo.

Las series de formación de Beard se determinan por el hábitat. Su clasificación incluye una formación de bosque pluvial, seis bosques estacionales, dos bosques secos perennes, nueve bosques montanos, cuatro pantanos y cuatro ciénagas o pantanos estacionales. Cada formación se describe en detalle y luego presenta la siguiente clave para la vegetación arborecente, la cual se puede usar en el campo (Beard 1944b):

1. Palmas dominantes o presentes en grandes números
 2. Palmas altas de 20 m o más, que emergen encima de otras plantas leñosas o herbáceas
 3. Palmas en forma de abanico sobre bosquetes de arbustos densos y pequeños árboles de 5 a 10 m de altura ciénaga de palmas
 - 3'. Palmas en forma de abanico o pinadas, sobre un sotobosque herbáceo bajo e irregular o leñoso, con pequeños árboles diseminados pantano de palmas
- 2'. Palmas no emergentes
 3. Matorral de palma — bosque bajo de 10 m de altura compuesto principalmente de palmas, sin árboles grandes, con mucha vegetación herbácea, musgo abundante y epífitas comunidad de montaña
 - 3'. Bosque de ciénaga — bosque con dos estratos arbóreos, el superior con árboles diseminados de hasta 25 a 30 m de altura, el más bajo con palmas que forman un dosel de 10 a 15 m comunidad de tierra baja.
- 1'. Bosquete de bambú matorral de bambú
 - 1" Crecimiento leñoso dominante, poca presencia de palmas y bambúes
 2. Árboles de más de 10 m de altura
 3. Especies de árboles caducifolios bosque estacional

4. Tres estratos de árboles, menos de la mitad en el estrato superior
caducifolio bosque estacional perenne
- 4'. Dos estratos arbóreos, el superior abierto y con más de 2/3 de árboles
caducifolios bosque estacional caducifolio
- 3'. Bosque enteramente (o casi) perenne
 4. Bosque alto con árboles grandes que forman un dosel continuo a 20 m de altura.
 5. Tres o cuatro estratos, dominantes de 40 m o más, hojas compuestas
predominantemente..... bosque pluvial
 - 5'. Dos estratos arbóreos, dominantes de casi 30 m, hojas
simples bosque pluvial montano
 - 5". Dos estratos arbóreos, dominantes de casi 20 m, hojas simples, musgo abundante,
helechos arbóreos
presentes bosque pluvial montano
 - 4'. Bosque bajo sin dosel continuo o con dosel formado a menos de 20 m sobre el suelo.
 5. Bosque de
pinos bosque montano de pinos
 - 5'. Árboles de hojas anchas
 6. Dos estratos arbóreos, el superior formado por árboles diseminados de hasta 30 m de altura, el inferior cerrado y formando un dosel a los 15 m de altura bosque pluvial xerófitico
 - 6'. Un estrato arbóreo, de 20 m de altura o menos.
 7. Raíces fúlcreas o neumatóforos erectos; inundado por mareas con agua salobre manglar
 - 7'. Gambas presentes o raíces fúlcreas y neumatóforos en forma de rodilla; inundados con agua dulce bosque de pantano
- 2'. Árboles de menos de 10 m de alto
3. Especies predominantemente espinosas
 4. Bosque más o menos cerrado de 3 a 19 m de altura bosque espinoso
 - 4'. Vegetación abierta con abundantes cactus en columna y nopales .. matorral de cactus
 - 4". Crecimiento muy escaso con grandes áreas de suelo desnudo desierto
- 3'. Muy pocas o ausentes especies armadas
 4. Vegetación muy azotada por el viento
 5. Árboles densamente cubiertos de musgo y epífilos; abundantes epífitas y trepadoras; comunidad de montaña alta bosque enano
 - 5'. Musgo escaso, ningún epífilo, rara vez se ven epífitas y trepadoras; comunidad del



Figura D-1.—Diagrama perfil del bosque montano bajo pluvial en Sta. Lucia (Beard 1949).

- litoral bosque de litoral
- 4'. Vegetación no demasiado azotada por el viento
- 5. Bosque bastante abierto, con algunos géneros de zona templada; alta montaña bosque con heladas
- 5'. Vegetación densa de árboles pequeños muy ramificados de géneros tropicales bosque de ciénaga de tierras bajas

El sistema de Beard fue de fácil uso en las zonas que él conocía bien, las Antillas y el norte de Sudamérica. Una característica atrayente es su lista de especies prominentes para cada formación; que permite hacer aproximaciones donde no queda una vegetación tipo clímax. Fanshawe (1954) usó el diagrama para identificar los ocho tipos de bosques de Guayana.

Se han planteado algunas limitaciones al uso del sistema de clasificación de Beard. Entre ellas, que requiere un conocimiento del bosque tipo clímax, un recurso en vía de desaparición; por eso, se necesita desarrollar claves para bosques secundarios, posiblemente usando criterios fisionómicos. Otra crítica proviene de Grubb *et al.* (1963), quienes consideran que el sistema confía demasiado en la estratificación. Sin embargo, el principio de un sistema con base en la fisionomía, que depende de una presentación natural en vez de artificial de las características de cada hábitat, tiene mucho en su favor.

Beard (1953, 1967) hizo un estudio intensivo de la vegetación de sabana. Él define las sabanas americanas como “comunidades que consisten de un estrato virtualmente continuo ecológicamente dominante de más o menos plantas herbáceas xeromórficas, compuesto principalmente de pastos y juncos, con matorrales dispersos, donde algunas veces se ven árboles o palmas.” Concluyó que en el neotrópico, todos los climas, si hay condiciones apropiadas de suelo, pueden sostener algún tipo de vegetación leñosa. Los climas más secos del neotrópico sostienen bosques, nunca sabanas. La formación de sabanas indica una respuesta al suelo en vez del clima. Por ello, Beard concluyó que no existe un clima de pradera en el neotrópico.

Beard estableció una comparación entre las regiones tropicales de África y Australia con las de América. En África y Australia, la precipitación anual de menos de 100 cm es la norma y no la excepción. Los pastizales boscosos, sabanas y estepas usuales en aquellos

continentes, están totalmente ausentes en la América tropical. Los pastizales no se notan mucho en los bosques estacionales caducifolios, bosques espinosos y matorrales de cactus. Existen, sin embargo, grandes extensiones de pastizales en América tropical. De hecho, la palabra “sabana” es de origen amerindio (Beard 1967). La vegetación de las sabanas resisten muy bien el fuego; si bien a menudo las sabanas son arrasadas por incendios, no dependen de ellos, ya que constituyen un tipo de vegetación clímax edáfico. Ocurren en zonas cuya precipitación anual es de 100 a 300 cm; sin embargo, están sujetas a un drenaje sin impedimento y su capa freática intermitentemente llena alterna con períodos de desecación, a menudo demasiado severos para permitir que crezcan los árboles. Sombroek (1966), quien estudió a los suelos amazónicos, está de acuerdo en que el origen de la vegetación es esencialmente edáfico.

El término “sabana derivada” se refiere a sabanas que se generan mediante el aclarado o la quema, prácticas que resultan en que las capas superiores del suelo se sequen cada vez más (Young 1969).

Sistema de Holdridge

La clasificación de Holdridge (1978) de los climas mundiales en zonas de vida otorga a cada una el nombre de una formación vegetativa. El sistema, de uso en Centroamérica, el norte de Sudamérica y algunas de las Antillas Mayores, es útil cuando se habla de homoclimas (ambientes climáticos similares). El sistema supone que el promedio de dos fenómenos anuales (la precipitación y la biotemperatura) define las formaciones vegetativas y relega a un orden más bajo los efectos estacionales y edáficos, considerando que estos son los responsables de las asociaciones. Según Beard (1973), este enfoque ubica a algunas clases de vegetación muy distintas en los mismos compartimientos y separa a otras muy semejantes en compartimientos distintos. No cabe duda que a veces los límites de las zonas cruzan al continuo en puntos que no están bien reflejados en la vegetación. Budowski (1964a) indica que quizás sea posible incluir asociaciones que reflejen los fenómenos edáficos, hídricos o atmosféricos de las zonas de vida. También concluyó que la falta de un buen ajuste puede deberse a las perturbaciones de la vegetación causadas por las actividades humanas. Holdridge (1967) definió las asociaciones dentro de las zonas de vida con base en su carácter fisionómico, y estableció distintos límites de elevación para sus franjas altitudinales, dependiendo de si la zona basal es tropical o subtropical (Cuadro D-1).

Cuadro D-1.—Zonas de vida en los trópicos

	Biotemperatura promedio (°C)				
	>24°C	18–24°C	12–18°C	6–12°C	3–6°C
	Tropical	Premontano y subtropical	Montano bajo	Montano	Subalpino
Precipitación medio anual (cm)					
>800	Bosque pluvial				
400–800	Bosque muy húmedo	Bosque pluvial	Bosque pluvial		
200–400	Bosque húmedo	Bosque muy húmedo	Bosque muy húmedo	Bosque pluvial	
100–200	Bosque seco	Bosque húmedo	Bosque húmedo	Bosque muy húmedo	Bosque pluvial
50–100	Bosque muy seco	Bosque seco	Bosque seco	Bosque húmedo	Bosque muy húmedo
25–50	Monte espinoso	Estepa espinosa		Estepa	Bosque húmedo
12.5–25	Matorral desértico	Matorral desértico		Matorral desértico	
Evapotranspiración potencial/año (cm)	>141	106–140	71–105	36–70	18–35
Rango de elevación (10 ³ m)					
Tropical a nivel del mar	0–1	0–2	1–3	2–4	3–4.5
Subtropical a nivel del mar		0–1	0–2	1–3	

Fuente: Holdridge 1967.

En un empeño similar en las Islas de Melanesia (entre 5° y 20° S), van Steenis (1972) designó como “tropicales” las zonas situadas debajo de los 1000 m de elevación; “subtropicales” las zonas situadas entre 1000 y 1500 m; “montanas” las zonas entre 1600 y 2400 m y “subalpinas” las situadas entre 2500 y 4000 m.

Al contrario de Holdridge, Troll (1958) enfatizó el carácter estacional del clima en su diagrama de clasificaciones, usando la cantidad de “meses húmedos” como el único criterio para separar las formaciones húmedas de las secas (Cuadro D-2).

Sistema Unesco

Un Comité de la Unesco (Anón. 1978b) trató de estandarizar la clasificación de la vegetación a nivel mundial. El patrocinio de la organización y las primeras reacciones favorables hacia este enfoque (Kuchler y Montoya-Maquín 1971) sugieren que quizás llegue a usarse más extensamente. Las formaciones tropicales y subtropicales reconocidas por el Comité son las siguientes:

- I. Bosque cerrado (al menos de 5 m de altura con copas entremezcladas)

- IA. Principalmente perennes (el dosel nunca pierde su follaje verde)
 - IA1. Bosque ombrófilo tropical (bosque pluvial) no resiste el frío ni la sequía
 - IA1a. Bosque perenne de tierra baja
 - IA1b. Bosque sub-montano
 - IA1c. Bosque montano (de hoja ancha, coníferas, árboles micrófilos y bambú)
 - IA1d. Bosque subalpino
 - IA1e. Bosque de niebla (epífitas; árboles retorcidos, de hoja ancha, coníferas o micrófilas)
 - IA1f. Bosque aluvial (ribereño, a veces anegado, suelo inundado durante ciertas estaciones)
 - IA1g. Bosque de pantano (árboles de hoja ancha y palmas)
 - IA1h. Bosque de turbera
 - IA2. Bosque estacional tropical y subtropical perenne
 - IA2a. Zona de tierras bajas
 - IA2b. Zona sub-montana
 - IA2c. Zona montana (sin helechos arbóreos)
 - IA2d. Zona seca subalpina
 - IA3. Bosque tropical y subtropical semi-caducifolio

- IA3a. Zona de tierras bajas
- IA3b. Zona montana o nublada
- IA4. Bosque ombrófilo subtropical (muy localizado)
- IA5. Manglar
- IA9. Bosque tropical y subtropical perenne de coníferas
 - IA9a. De tierra baja y submontana
 - IA9b. Zona montana y subalpina
- IB. Bosque principalmente caducifolio
 - IB1. Bosque tropical y subtropical de sequía y caducifolio
 - IB1a. De tierra baja y submontana
 - IB1b. Zona montana y nublada
- IC. Bosque extremadamente xeromórfico
 - IC1. Esclerófilo (árboles de hojas coriáceas) dominado por bosques extremadamente xerofíticos
 - IC2. Bosque espinoso
 - IC3. Bosque principalmente de especies suculentas
- II. Terrenos arbolados
 - IIA. Principalmente especies perennes
 - IIA1. De hoja ancha
 - IIA2. De coníferas
 - IIA2a. De copas redondeadas (*Pinus*)
 - IIA2b. Con estrato inferior esclerófilo perenne
 - IIA2c. Sin estrato esclerófilo perenne
 - IIB. Principalmente especies caducifolias
 - IIC. Especies extremadamente xerofíticas
- III. Matorral (principalmente compuesto de grupos de fanerófitos leñosos (en masa) de 0,5 a 5,0 m de altura)
- IV. Matorral de especies enanas

Tipos de Vegetación Regional y Subregional

A medida que la clasificación de los bosques gradualmente se basa en un conocimiento más profundo de sus características en cada lugar, el paso siguiente es la descripción de los tipos de vegetación natural. Para el neotrópico, el ejemplo sobresaliente es la descripción de Hueck (1957) de las 33 regiones tropicales de Sudamérica (Cuadro D-3, Fig. D-2). Hueck proporciona una descripción general del clima, estructura y composición de la vegetación y enumera las especies de importancia económica para cada región. Trabajos como estos fortalecen o corrigen los sistemas de clasificación más amplios que constituyen un requisito preliminar para cualquier planificación y manejo del uso adecuado de los terrenos.

A escala subregional, algunos de los bosques neotropicales se han clasificado en gran detalle. Un

ejemplo es la Cuenca del Amazonas (Aubreville 1961, Dubois 1971, Ducke y Black 1953, Pires 1974, Prance 1978 y 1982, Veloso 1962). El valle del Amazonas da sustento a millones de especies de plantas y animales, más de 50 000 de las cuales son plantas de alta clasificación, un quinto del total mundial. El siguiente sistema de clasificación y volumen de los bosques varía más con el suelo que con el clima; el volumen es máximo en Caxuana, Brasil, con un promedio de precipitación anual de 200 cm:

Tierra firme — Bosques que no están sometidos a inundaciones y que abarcan casi el 85% de la Amazonia. Su composición es muy variable. En suelos francos, los árboles son altos, el dosel es denso, las lianas son gruesas y la cobertura herbácea es escasa. El volumen de la madera varía de 160 a 270 m³ por hectárea. En suelos arenosos, el bosque es significativamente más pobre, con árboles grandes en su mayoría y un volumen de madera de 100 a 150 m³ por hectárea.

Varzea — Bosques sometidos a inundaciones regulares, con excepción del agua negra (véase “igapó” más abajo). Cubren 55 000 km²; tienden a ser más densos que los bosques de tierra firme, pero de menor riqueza en cuanto a especies. Son comunes las gambas y raíces respiratorias.

Varzea de marea — Los bosques se inundan dos veces al día con agua fresca; parecidos a los varzeas estacionales. Contienen palmas, *Guazuma*, *Hevea*, *Symphonia* y *Virola*.

Varzea estacional — Bosques a lo largo de ríos de aguas limpias que se anegan anualmente por semanas enteras. Contienen especies tales como *Carapa*, *Ceiba* y *Hura*. A lo largo de los ríos de agua negra, a veces suelen verse especímenes de *Virola*.

Varzea pluvial — Bosques están anegados debido a las lluvias torrenciales y no a causa de los ríos. Contienen especies de *Carapa*, *Ceiba* y *Virola*.

Igapó — Bosques pantanosos, anegados anualmente por los ríos de agua negra y que permanecen anegados, cubriendo una extensión de 15 000 km². Los ríos de agua negra de la Cuenca del Amazonas generalmente actúan como desagüe de zonas de arena blanca. El color negro resulta de los ácidos húmicos producidos por la descomposición incompleta de materia orgánica. Esta

Cuadro D-2.—La influencia de la sequía sobre los tipos de bosques

No. de meses húmedos	Tipo de bajura	Tipo montano bajo
11–12	Siempreverde	Montano
10	Semi-siempreverde	Montano
7–9	Caducifolio húmedo	Húmedo (valles)
5–6	Caducifolio seco	Seco (valles)
2–4	Monte espinoso	Monte espinoso
1	Matorral desértico	Matorral desértico
0	Desierto	Desierto

Fuente: Troll 1958.

agua es muy ácida y con poco oxígeno en zonas estancadas (Carter 1934, Medina 1978). Los árboles de las pocas especies tienden a ser cortos, raquíticos y esclerófilos. Las especies presentes son de los géneros *Bombax*, *Cecropia* y *Hevea*.

Sabana —Abarca una extensión de 30 000 km² cubierta con árboles bajos y escasos.

Campiña — Árboles bajos muy ramificados que crecen en arenas blancas lixiviadas que abarcan cerca de 115 000 km².

Vegetación montana — Bosques ubicados en los bordes de la cuenca; presentan un alto endemismo.

Vegetación del litoral — Bosques en dunas arenosas que cubren casi 10 000 km²; están compuestos principalmente de *Chrysobalanus*.

Manglares — Cerca de la desembocadura de los ríos, estos bosques están sujetos a la influencia de la marea. Tienen pocas especies, árboles cortos, volúmenes bajos y abarcan una superficie de 1000 km².

Algunas descripciones generales de los bosques tropicales no son muy detalladas. Por ejemplo, Haig *et al.* (1958b), en un tratamiento del tema a nivel mundial, usaron el siguiente diagrama simple:

- Bosque muy húmedo perenne — las especies dominantes son total o principalmente perennes; la precipitación anual es de 200 cm o más con poca o ninguna deficiencia hídrica.

Cuadro D-3.—Regiones tropicales de América del Sur según los tipos de vegetación

1. La delta del río Amazonas
2. Los bosques del noreste amazónico (Paru-Jarí)
3. Las regiones de Tocantins y Gurupí
4. El Xingu medio y bajo, y el Tapajós
5. Los ríos Madeira y Purus
6. Hyleia occidental
7. Hyleia noroeste (Río Negro)
8. Bosques inundables del Amazonas y Madeira baja
9. Acre, Beni, Mamore y Griapore
10. Hyleia cerca a los Andes
11. Caqueta, Vaupes y Guainia
12. Tributarios de la margen derecha del Orinoco
13. Las Guianas
14. La delta del Orinoco
15. El bosque Tucuman-Boliviano
16. Bosques de ceja de selva del centro-andino
17. Bosques de gran altitud nor-andino
18. Bosques pluviales del Pacífico y del Caribe
19. Bosques de los vientos alisios Colombiano-Venezolano
20. Bosques de la costa brasilera
21. Bosques subtropicales del este y sur del Brasil
22. Bosques araucanos del sur del Brasil
23. Bosques secos del Chaco verdadero
24. Chaco oriental
25. La región de sabana de Santa Cruz-Trinidad
26. Bosques de la región montana de Velasco
27. Campos típicos cerrados
28. Bosques húmedos y muy húmedos de los cerrados
29. Caatinga típica
30. Bosques húmedos de la región de caatinga
31. Región de palma babassú
32. Bosques secos de las costas Colombiana y Venezolana
33. Valles interiores andinos

Fuente: Hueck 1957.

- Bosque húmedo caducifolio — las especies dominantes son principalmente caducifolias; precipitación anual de 125 a 200 cm, de 4 a 6 meses de sequía.
- Manglares
- Bambú
- Bosque de coníferas



Figura D-2.—Las 33 regiones vegetacionales tropicales de América del sur, según Hueck; el Cuadro D-3 define los números (Hueck y Seibert 1988).

Manglares

Se estima que a nivel mundial los manglares abarcan casi 2 500 000 ha, casi el 75% de los cuales se encuentran en el hemisferio oriental (Molski 1970). Los manglares crecen a lo largo de las costas protegidas y en los estuarios salobres, hasta latitudes de 30° donde soportan breves períodos de heladas (Cintron 1982). Las siete especies de manglares en el hemisferio occidental no son necesariamente halófitas, pero escapan a la

competencia de la vegetación circundante porque toleran el ambiente salino. Los manglares alimentados por aguas dulces son los ecosistemas más productivos del planeta, y contribuyen a la estabilización de las costas; no obstante, no es del todo claro hasta qué punto contribuyen.

Existen tres tipos de manglares: ribereños (estuarios con un flujo de agua continuo y baja salinidad), marginales

(zonas con una gradiente topográfica pronunciada y gran amplitud de mareas), y de cuenca (zonas con una gradiente baja y aguas inactivas). Los manglares ribereños producen casi 24 gramos de materia orgánica por metro cuadrado por día, mientras que los manglares marginales producen casi 13 g y los de cuencas 18 g (Cintron 1982). La producción de hojas caídas varía de 2 a 4 g por metro cuadrado por día.

La vegetación del cerrado

La vegetación del cerrado es tan extensa y particular que merece una descripción más precisa. Esta vegetación es de carácter semi-caducifolio y xeromórfico, y abarca casi 1,5 millones km² en la región central del Brasil (Ferri 1961). Se convierte en bosques mésicos (con humedad de condición media) en el oeste y sureste; en caatinga al noreste y en chaco al suroeste (Eiten 1972). Los suelos por lo general son profundos, la precipitación varía de 130 a 200 cm anualmente, con 3 a 5 meses de sequía. La precipitación durante el mes más seco puede ser de 1 a 3 cm, comparado con 4 a 20 cm a lo largo del Amazonas, donde el promedio efectivo de la estación seca es de dos semanas (Eiten 1972). Las raíces en los cerrados pueden alcanzar profundidades de hasta 10 m. La alta tasa de transpiración comprueba la disponibilidad de agua en la superficie.

Según Eiten (1972), el cerrado está compuesto por plantas altas y leñosas, de corteza gruesa, troncos inclinados y retorcidos, ramas retorcidas y gruesas, copas abiertas y hojas grandes (Cuadro D-4). La región del cerrado varía de terrenos arbolados a sabanas abiertas y pastizales; los suelos tienen un contenido bajo de nutrimentos y alto de aluminio (latosoles). No hay evidencia de que extensas zonas antiguamente cubiertas de bosques se hayan convertido en cerrados. El cerrado protegido contra incendios no muestra tendencia a convertirse en bosque; esto sólo ocurre en ciertas formaciones geológicas y suelos.

Cuadro D-4.—Características rodiales de los bosques del cerrado

Tipo de cerrado	Árboles (no./ha)	Área basal (m ² /ha)	Altura del tallo (m)
Cerrado	1,092	16.5	5.9
Típico	819	10.2	5.2
Ralo	616	6.1	4.4
Campo	273	2.1	3.8

Fuente: Eiten 1972.

El Instituto Brasileño de Geografía y Estadística reconoce los siguientes tipos de cerrado (Eiten 1972):

1. *Cerradao* — bosque alto poco denso
2. *Cerrado* — bosque bajo, denso o poco abierto
3. *Campo cerrado* — sabana con árboles o matorrales
4. *Campo sujo o limpo* — pradera pura o con matorrales enanos

Ferri (1961) compara la caatinga con el cerrado. La caatinga puede ser caducifolia o perenne; la primera tiene un nivel bajo de transpiración, en tanto que la segunda se parece más a un cerrado con altos niveles de transpiración. La caatinga caducifolia recibe casi 50 cm de precipitación anual; la caatinga perenne puede recibir hasta 200 cm de precipitación. Ferri (1961) explica que la pobreza de estas formaciones se debe a la limitación de nutrimentos en la caatinga perenne, y a la baja disponibilidad de agua en la caatinga caducifolia, o una combinación de ambos factores.

Apéndice E

Desarrollo Cronológico del Refinamiento Forestal

Fecha	Acontecimiento	Referencia
1880–1900	Grandes extensiones de bosques en el sureste asiático sometidas a cortas de mejoramiento	Dawkins 1961a
1892–1922	Las cortas de mejoramiento en lo que hoy es Myanmar permitieron la reproducción de la teca (<i>Tectona grandis</i>) y duplicaron el volumen	U Kyaw 1953
1900–1910	Liberación de árboles jóvenes de gutapercha en los bosques naturales de lo que hoy es Malasia	Barnard 1954
1906	Inician las prácticas silviculturales en los bosques pluviales de las Islas Andamán	Baur 1964a
1906	Se aplican raleos como parte del manejo de los bosques naturales de Sundarbans, India	Sen Gupta 1952
1907	Primeras cortas de mejoramiento en lo que hoy es Sri Lanka	Holmes 1956
1910	Primer tratamiento al bosque natural en lo que hoy es Malasia (aplicado a 20,000 ha antes de 1920)	Baur 1964a
1926	Liberación e inducción de plántulas de caoba (<i>Swietenia macrophylla</i>) en 1800 ha de bosques talados en Belice	Anón. 1927
1935–41	Se inicia el uso del veneno en las cortas de mejoramiento en Malasia	Barnard 1954
1937	Se inician las cortas de mejoramiento en Puerto Rico	Autor, comunicación personal
1945–54	Se perfeccionan la técnicas de cultivo en lo que hoy es Malasia	Barnard 1954
1954	Se aplican cortas de mejoramiento en muchos bosques de la India y en lo que hoy es Sri Lanka	Stracey 1959
1955	Las cortas de mejoramiento se convierten en práctica usual en los bosques de teca regenerados naturalmente en lo que hoy es Myanmar	Long 1955
1957–60	Se ensaya la liberación del sotobosque, antes y después del aprovechamiento en Brasil	Pitt 1961a
1957	Se recomiendan cortas de mejoramiento en Costa Rica para reducir la densidad y eliminar especies no madereras	Holdridge 1957
1980	Una variante conocida como raleo de liberación, mediante el cual se identifican y liberan los árboles de futura cosecha hasta un grado definido matemáticamente, se convirtió en la práctica central de la silvicultura de árboles residuales de dipterocarpáceas en Sarawak	Hutchinson 1980

Apéndice F

Selección de Especies Arbóreas Tropicales para Plantar

El proceso de seleccionar especies de árboles para establecer plantaciones ha sido y será una preocupación de los profesionales forestales. Con el tiempo, los objetivos de las plantaciones pueden cambiar, podría haber una mayor disponibilidad de nuevos sitios o sitios modificados, y se desarrollarán o descubrirán atributos de más especies, variedades, procedencias y genotipos.

La selección de una especie para un sitio específico o un propósito dado depende de la disponibilidad de información sobre cada alternativa. Parte de esta información es tan específica o tan sujeta al cambio o a variables primarias regionales, que cualquier generalización no puede ser más que una guía preliminar. Lo único que se intenta aquí es presentar un compendio sucinto de datos de naturaleza universal y probablemente durable, para recordar a los dasónomos cuáles especies podrían ser clasificadas como probables, posibles o improbables, bajo ciertas condiciones. Esta información es incompleta, como lo demuestra la ausencia de algunos datos que quizás existen pero no se encontraron en las fuentes revisadas.

Una vez seleccionada la especie, el paso siguiente es más detallado y específico. Se debe tratar de obtener la mayor cantidad posible de información sobre temas como prácticas silvícolas; peso, fuente y manejo de las semillas; propagación; y pestes y enfermedades.

La información que aquí se incluye se obtuvo de varias fuentes. Los datos contradictorios se tamizaron y se favoreció a las fuentes que parecían más representativas de las plantaciones que crecen bajo circunstancias razonablemente favorables.

Nombre. El nombre científico comúnmente aceptado, con el autor, está seguido por los nombres comunes más usados.

Elevación. Se dan dos rangos de elevación en metros, la primera corresponde a los 24° latitud N, y la segunda (en

paréntesis) a 10° latitud S. Estos datos, basados en Webb et al. (1984), indican donde hay mayores probabilidades de éxito. Sin embargo, en el caso de condiciones imprevistas relacionadas con la humedad, temperatura o suelo, quizás se deban efectuar pruebas que den un mejor resultado de adaptación.

Precipitación. La gama de precipitación anual se indica en centímetros; la cantidad de meses de sequía y su estación (W = frío y S = caliente) se dan en paréntesis.

Suelo. Los suelos que corresponden al mejor desarrollo se describen primero, y luego se enumeran las tolerancias conocidas a condiciones inferiores.

Resistencia. Se dan referencias a la resistencia contra las heladas (Fr), incendios (F) y vientos (W). Donde es apropiado se incluyen las temperaturas mínimas. Las barras indican falta de resistencia. Los árboles más grandes son más resistentes a las heladas que los pequeños, y las tolerancias a las temperaturas varían con la duración de la época fría, humedad y otros factores. La resistencia al viento no implica necesariamente una resistencia a huracanes, sólo a vientos menos violentos.

Sinónimos. Sólo se indican los nombres científicos actuales o muy usados, aparte del nombre aceptado.

Usos. La primera línea muestra el límite superior del diámetro a la altura del pecho (dap) en condiciones naturales, en metros hasta el próximo decímetro seguido por una barra y la altura correspondiente en metros (1,2dap/20-30h). Estos límites máximos son generalmente mayores que la madurez mínima comercial, pero indican el grado de tamaño comercial posible de los árboles todavía jóvenes. En la primera línea, esta información va seguida por un número redondo o rango de números redondos que corresponden a la gravedad específica de la madera multiplicada por 10 (4,5 g). Esto generalmente (pero no siempre) se basa en el peso seco al horno y en el volumen verde. La segunda línea está dedicada a los usos tradicionales o futuros de la madera:

- R = Rehabilitación del suelo, control de erosión, estabilización de dunas
- A = Agroforestería, taungya y otras formas de producción integral de cultivos alimenticios o forraje.

IMA. Incremento medio anual hasta que el árbol alcance la madurez requerida para el producto. Se expresa en metros cúbicos por hectárea (m³/ha) o, en algunas instancias, en toneladas por hectárea (t/ha). Los datos no indican con consistencia si las medidas que se dan incluyen la corteza o no, debido a que esta información a menudo no se da en la fuente original; generalmente se excluye la madera de ramas y corteza. Donde se muestran niveles muy dispares, tales como en las tablas de rendimientos para sitios de distinta calidad, se usaron los datos de sitios intermedios en vez de los extremos. Estas cifras generalmente se obtienen a partir de bosques vivientes, y son algo mayores que los rendimientos actuales que se pueden obtener a partir de los cultivos cosechados. La letra “c” que aparece después de las cifras del IMA indica que la especie rebrota suficientemente bien como para producir uno o más cultivos de rebrotes. Estos comúnmente tienen un rendimiento mayor que los cultivos por plántulas.

Crecimiento. Este factor se incluye principalmente para dar una idea de la rapidez del crecimiento inicial en altura en sitios para los cuales la especie está bien adaptada. Esto refleja la duración del período de desmalezado y la vulnerabilidad de la especie a incendios, ramoneo o heladas antes de que se cierre el dosel. La altura en metros se da antes de la barra y la cantidad de años después. Las alturas no son máximas sino un promedio dominante, o sea la altura promedio del 10% de los árboles con diámetros más grandes en los sitios en que la especie está bien adaptada.

Plantación. Se indica la complejidad del establecimiento, incluso las perspectivas de siembra directa o mecanizada, a raíz desnuda o injertos.

- S = Siembra directa, puede dominar a las malezas sin otros cuidados; siembra aérea por diseminación o en el sitio mismo (spot seeding)
- B = Siembra a raíz desnuda, incluyendo posiblemente plantas silvestres

- Str= Latizales a raíz desnuda y defoliación parcial
- Stu= Pseudoestacas a raíz desnuda sin tallo

- C = Plantas envasadas en canasta, maceta, bolsa o tubo
- Cu= Injertos de tallos o raíces
- u = Suficiente tolerancia para plantar bajo cubierta con iluminación directa desde arriba

Fuente. Se dan los extremos de la distribución natural de la especie (no necesariamente la fuente de semilla), y el rango latitudinal.

Referencias. Las fuentes generales más importantes se dan a continuación:

Rendimientos de leña	Burley (1980c)
Madera de aserrío	Chudnoff (1984)
Australia	Fenton <i>et al.</i> (1977)
Latinoamérica	Flinta (1960)
Especies del bosque seco	Goor (1955),
Goor y Barney (1968)	
Centroamérica	Loock (1950)
Trinidad Marshall (1939)	
África tropical	Parry (1954a, 1954b, 1954c)

Antiguo Zaire	Pierlot (1958)	<i>Cupressus</i> spp.	Anón. (1960d)
Commonwealth Británico	Streets (1962)	<i>Dalbergia sissoo</i>	Anón. (1962c)
Trópicos en general	Webb <i>et al.</i> (1984)		Parrotta (1989)
Además, se consultaron los siguientes trabajos para especies en particular:		<i>Entandrophragma cylindricum</i>	Anón. (1974e)
		<i>E. utile</i>	Anón. (1973d)
		<i>Enterolobium cyclocarpum</i>	Francis (1984-presente)
<i>Acacia</i> spp.	Giffard (1975)	<i>Eucalyptus</i> spp.	de la Lama Gutiérrez
	Anón. (1983b))	(1976-77)	
<i>Acrocarpus fraxinifolius</i>	Burns y Mosquera (1988)		Jacobs (1981)
<i>Agathis</i> spp.	Anón. (1961a)	<i>E. camaldulensis</i>	Anón. (1963b)
	Whitmore (1977)		Eldridge (1975)
	Bowen y Whitmore (1980)	<i>E. deglupta</i>	Grijpma (1969)
	Francis (1984-presente)		Francis (1984-presente)
<i>Albizia lebbek</i>	Parrotta ([s.f.])a)	<i>E. grandis</i>	Anón. (1959a)
<i>A. procera</i>	Parrotta ([s.f.])b)		Burns y Mosquera (1988)
<i>Anacardium occidentale</i>	Bascope <i>et al.</i> (1958)	<i>E. robusta</i>	Gueneau (1969)
	Lefebvre (1966)		Burns y Mosquera (1988)
	Goujon <i>et al.</i> (1973)	<i>E. saligna</i>	Anón. (1959a)
<i>Andira inermis</i>	Weaver (1989)		Burns y Mosquera (1988)
<i>Anthocephalus chinensis</i>	Grijpma (1967)	<i>E. tereticornis</i>	Anón. (1963b)
	Lugo y Figueroa (1984,1985)	<i>Gliricidia sepium</i>	Parrotta (1992a)
<i>Araucaria</i> spp.	Anón. (1960a), Ntima (1968)	<i>Gmelina arborea</i>	Lamb (1968c)
	Golfari (1970a)		Boulet-Gercourt (1977)
<i>Aucoumea klaineana</i>	Biraud y Catinot (1960),		Greaves (1981a)
	Deval (1976)		Burns y Mosquera (1988)
<i>Avicennia germinans</i>	Jimenez y Lugo (s.f.)	<i>Grevillea robusta</i>	Nelson (1960)
<i>Azadirachta indica</i>	Anón. (1963a)		Burns y Mosquera (1988)
	Parrotta y Chaturvedi (1994)		
<i>Bambusa vulgaris</i>	Anón. (1962a)	Bokkestijn y Francis (s.f.)	
	Groulez (1966)	<i>Guaiacum officinale</i>	Francis (1984-presente)
	Francis (1984-presente)	<i>Guazuma ulmifolia</i>	Francis (1984-presente)
<i>Brosimum alicastrum</i>	Burns y Mosquera (1988)	<i>Hibiscus elatus</i>	Swabey (1940)
<i>Bucida buceras</i>	Francis (1984-presente)		Weaver y Francis (s.f.)
<i>Bursera simaruba</i>	Francis (1984-presente)	<i>Hura crepitans</i>	Francis (1984-presente)
<i>Calophyllum calaba</i>	Burns y Mosquera (1988)	<i>Hymenaea courbaril</i>	Francis (1984-presente)
	Weaver (1990a)	<i>Khaya</i> spp.	Anón. (1959g)
<i>Casuarina equisetifolia</i>	Anón. (1961c)	Burns y Mosquera (1988)	Bokkestijn y Francis (s.f.)
	Burns y Mosquera (1988)	<i>Laguncularia racemosa</i>	Jimenez (s.f.)
	Parrotta (1993)	<i>Leucaena leucocephala</i>	Anón. (1977c)
<i>Cedrela odorata</i>	Bascope <i>et al.</i> (1957b)		Parrotta (1992b)
	Anón. (1962b)	<i>Lophira procera</i>	Anón. (1976c)
	Burns y Mosquera (1988)	<i>Maesopsis eminii</i>	Francis (1984-presente)
	Lamb (1968d)	<i>Manilkara bidentata</i>	Weaver (1990b)
<i>Ceiba pentandra</i>	Anón. (1975d)	<i>Mitragyna ciliata</i>	Anón. (1976d)
	Chinea-Rivera (1990)	<i>Musanga cecropioides</i>	Doat (1971)
<i>Chlorophora excelsa</i>	Anón. (1973c)	<i>Nauclea diderichii</i>	Anón. (1975a)
<i>Cordia alliodora</i>	Johnson y Morales (1972)	<i>Ochroma pyramidale</i>	Anón. (1961f)
	Burns y Mosquera (1988)		Francis (1984-presente)
	Liegel y Stead (1990)	<i>Paulownia</i> spp.	Moraes Víctor <i>et al.</i> (1974)
<i>Cunninghamia lanceolata</i>	Anón. (1961d)		Anón. (1974d)
		<i>Pinus</i> spp.	Critchfield y Little (1966)
			Mirov (1967)
			Palmer (1977)
		<i>P. caribaea</i>	Anón. (1958f)

<i>Tabebuia donnell-smithii</i>	Francis (1984-presente) Lamb (1951)	<i>T. superba</i>	Francis (1984-presente) Anón. (1974c)
<i>Tectona grandis</i>	Francis (1984-presente) Horne (1966) Wood (1968) Weaver (1993)	<i>Toona ciliata</i> <i>Triplochiton scleroxylon</i> <i>Vochysia</i> spp.	Tariel y Groulez (1958) Anón. (1962b) Anon. (1976i) Normand (1966-67)
<i>Terminalia catappa</i> <i>T. ivorensis</i>	Francis (1984-presente) Lamb y Ntima (1971) Anón. (1974b)		

Datos sobre las Especies

<i>Abies guatemalensis</i> Rehd. Nombre común: Abeto de Guatemala Elevación: 1800-3200 (1300-2700) Precipitación: Suelo: Resistencia: Sinónimo: Uso: 0,9dap/35h IMA: Crecimiento: 2/6 Plantación: Fuente: de México a Guatemala 20°-14°N	<i>Acacia mearnsii</i> de wild. Nombre común: Acacia negra, mimosa negra Elevación: 1500-2500 (1000-2000) Precipitación: 90-160 (2-3W) Suelo: Profundo, de libre drenaje — tolera suelos pobres o pesados pero no calcáreos Resistencia: Fr (moderada), w Sinónimo: <i>A. decurrens</i> var. <i>mallis</i> Lindl. Uso: 7-20h/5-8g Pu, Po, Fu, curtiembre, R, A IMA: 14-25 Crecimiento: 10/5, 15/9, 20/12 Plantación: S,B Fuente: Queensland a Tasmania, Australia, 25°-43°S.	<i>Acrocarpus fraxinifolius</i> Wight Nombre común: fresno de la India, cedro rosa Elevación: 0-1500 (0-1000) Precipitación: 110-160 (0-4W) Suelo: profundo, de libre drenaje — tolera la acidez pero no el drenaje impedido Resistencia: Sinónimo: Uso: 3,0dap/30-50h F,C,Fu,A IMA: 10 Crecimiento: 8/3, 11/4 Plantación: C Fuente: de Myanmar a la India 17° a 23°N	Crecimiento: 8/6, 14/20, 27/50 Plantación: C, Cu, u Fuente: de Papua Nueva Guinea hasta Australia, 5°-28°S
<i>Acacia auriculiformis</i> A Cunn. ex Benth Nombre común: mimosa de tanino Elevación: 0-500 Precipitación: 130-170 (3-6W) Suelo: Pesado — tolera suelos superficiales calcáreos y arenosos; ácidos; alcalinos; con drenaje pobre Resistencia: W Sinónimo: Uso: 0,6dap/30h/5-8g Pu, Po, Fu, R IMA: 6-20 c Crecimiento: 6/2, 14/5, 17/8 Plantación: S,C,U Fuente: de Papua Nueva Guinea a Queensland, Australia 7°-20°S.	<i>Acacia melanoxylon</i> R.Br. Nombre común: Madera negra Elevación: 1500-2500 (1000-2500) Precipitación: 90-270 (0-2) Suelo: Profundo, de libre drenaje — tolera la arena y la acidez Resistencia: Fr (-10°C) Sinónimo: Uso: 1,2dap/18-30h/6-7g FC, Po, Fu IMA: 5-12c Crecimiento: 12/6, 22/16 Plantación: Stu, C Fuente: de Queensland a Tasmania, Australia, 34°-43°S	<i>Agathis dammara</i> L.C. Richard Nombre común: Damar Elevación: 100-1600 (0-1100) Precipitación: 200-400 (0-2) Suelo: De libre drenaje — tolera suelos pesados y acidez pero no drenaje impedido Resistencia: W Sinónimo: <i>A. loranthifolia</i> R.A. Salisbury Uso: 0,6dap/45-60h/4-5g, C, Pu IMA: 20-30 (20 t) Crecimiento: 8/6 Plantación: C, Cu, u Fuente: Sureste del Asia y del Pacífico, 11°-20°N	<i>Albizia lebbek</i> (L.) Benth Nombre común: Acacia amarilla, siris Elevación: 0-1400 (0-900) Precipitación: 50-250 (2-6W) Suelo: De libre drenaje — tolera la acidez, la alcalinidad y los suelos pesados y erosionados Resistencia: Fr (leve) Sinónimo: <i>Mimosa lebbek</i> L. Uso: 1,5dap/25-30h/4-6g, F, Fu, Po, A IMA: 5-18 Crecimiento: 2/1, 5/3, 18/10 Plantación: S, B, Stu, Cu Fuente: de India a Myanmar, 27°-11°N
<i>Acacia mangium</i> Willd. Nombre común: Elevación: 500-1200 (0-700) Precipitación: >160 Suelo: Franco arenoso — tolera suelos pobres y ácidos y un drenaje impedido Resistencia: Sinónimo: Uso: 30h/4-6g F,C,Pu, Po, Fu IMA: 20-46 c Crecimiento: 18/4, 23/9 Plantación: S,B,C,Stu Fuente: Queensland, Australia 11°-19°S	<i>Acacia senegal</i> Willd. Nombre común: Goma, goma arábica Elevación: 0-500 Precipitación: 20-50 (6-11 W) Suelo: De libre drenaje — tolera la acidez y suelos pobres, pesados y arenosos. Resistencia: Fr, W Sinónimo: <i>A. vereck</i> Guill. y Perr. Uso: 0,6dap/2-10h Fu, A, Po, R, goma IMA: 4-7 c Crecimiento: 1/3 Plantación: S,C Fuente: de Senegal al Mar Rojo 11°-18°N	<i>Agathis robusta</i> (C.Moore ex F. Muell) F.M. Bailey Nombre común: Kauri de Queensland Elevación: 100-900 (0-1100) Precipitación: 110-500 (0-2) Suelo: De libre drenaje — tolera suelos pesados y acidez pero no drenaje impedido Resistencia: W (árboles viejos sólo), Fr Sinónimo: Uso: 0,4dap/45-60h/4-5g, F, C, V, Pu IMA: 20-35 (20 t)	<i>Albizia procera</i> (Roxb) Benth Nombre común: Albizia, siris blanca Elevación: 0-1000 (0-500) Precipitación: 100-500 (0-3W) Suelo: Profundo, de libre drenaje — tolera los suelos superficiales y la acidez Resistencia: W Sinónimo: Uso: 0,6dap/25 /6-9g, F, Pu, Fu, A, R IMA: 10 c Crecimiento: 12/6, 23/13 Plantación: B, Stu Fuente: de India a Papua Nueva Guinea, 15°-10°N
			<i>Alnus acuminata</i> O. Ktze Nombre común: Jaúl, aliso Elevación: 1200-3200 (700-2700) Precipitación: >100 Suelo: Profundos, arenosos, de libre drenaje Resistencia: Fr (leve) Sinónimo: <i>A. jurullensis</i> H.B.K. Uso: 0,4dap/25h/5-6g, F, C, Fu, R, A IMA: 10-15

Datos sobre las Especies

Crecimiento: 16/11 Plantación: B, Cu Fuente: de México a la Argentina, 18°N-23°S <i>Anacardium excelsium</i> (Bert. & Balb.) Skels Nombre común: espave, cajú assú Elevación: Precipitación: 150-200 (W) Suelo: Resistencia: Sinónimo: Uso: 1,5dap/45h/4-6g, F, V, C, Pu IMA: Crecimiento: Plantación: Fuente: de Honduras al Ecuador, 16°N-5°S <i>Anacardium occidentale</i> L. Nombre común: Marañón, cajú pajuil, acajú Elevación: 0-900 (0-400) Precipitación: 160-400 (3-6W) Suelo: De libre drenaje — tolera suelos superficiales, pobres o arenosos Resistencia: Fi Sinónimo: Uso: 0,3dap/8h/5g, A, nueces, fruta, resina IMA: 250 kg/ha fruta c Crecimiento: Plantación: S Fuente: de las Indias Occidentales al Brasil 24°N - 10°S <i>Andira inermis</i> (W. Wright) D.C. Nombre común: Moca, maquilla, acapúrana Elevación: 0-900 Precipitación: 100-400 Suelo: De suelos arenosos a arcillas mal drenadas Resistencia: W Sinónimo: <i>A.jamaicensis</i> (W. Wright) Uso: 1,5dap/35h/6g, F, T, C IMA: Crecimiento: 2/9 Plantación: S Fuente: de México y las Indias Occidentales al Brasil, 23°N-20°S <i>Aniba</i> spp. Nombre común: silvervali, palo rosa Elevación: Precipitación:	Suelo: Resistencia: W Sinónimo: Uso: 0,8dap/30h/5-6g, F, T, C IMA: Crecimiento: 7/8 Plantación: Fuente: de Amazonia-Colombia a Guayana, 10°N-5°S <i>Anogeissus latifolia</i> Wall. Nombre común: Damas Elevación: 0-800 (0-300) Precipitación: 25-60 (6-8W) Suelo: Arenoso, alcalino — tolera la salinidad y el drenaje impedido Resistencia: Fi Sinónimo: <i>Conocarpus latifolius</i> Engler Uso: 1,0dap/20h/8-9g, C, Po, Fu, Po IMA: 5-10 c Crecimiento: 6/11 Plantación: Str, Stu, C Fuente: Somalia, 10°-11°N <i>Anthocephalus chinensis</i> (Lamk) Rich. Nombre común: Kadamba, bengkal, cadam, laran Elevación: 0-1000 (0-500) Precipitación: >160 (0-3) Suelo: Ligero, de libre drenaje — tolera acidez y drenaje impedido pero no suelos agotados Resistencia: Fr (leve), W Sinónimo: <i>A. cadamba</i> (Roxb) Miq. <i>Neolamarckia cadamba</i> Bosser Uso: 1,0dap/45h/3-7g, V,C, Pu, R, fósforos IMA: 10-30 c (joven) Crecimiento: 3/1, 7/4, 10-25/9 Plantación: S, B, C, acodado, u Fuente: de la India a Papua Nueva, Guinea, 17°N-9°S <i>Araucaria angustifolia</i> (Bert.) O. Kuntze Nombre común: Pino brasileiro, pino paraná Elevación: 1500-2200 (1000-1700) Precipitación: 125-220 (0-2W) Suelo: Profundo, fértil, de libre drenaje, arcillas ácidas — no tolera alcalinidad Resistencia: Fr (-7°C), Fi, W Sinónimo: <i>A. brasiliana</i> A. Rich Uso: 2,0 dap/60h/5-6g F, C, Pu, Po, semillas IMA: 8-24 Crecimiento: 4-7/5, 9-16/10, 11-21/15 Plantación: S, C, u Fuente: Brasil a Argentina, 10°-30°S.	<i>Araucaria cunninghamii</i> Sweet Nombre común: pino en arco Elevación: 0-2.000 (0-1.500) Precipitación: 100-180 (2-3 W) Suelo: Profundo, fértil, de libre drenaje — tolera acidez, suelos pesados y arenas pedregosas. Sinónimo: Uso: 1,2dap/35-45h/5-6g, F, V, C, Pu, Po IMA: 10-18 Crecimiento: 5-12/6, 19/9, 26/12 Plantación: C, Cu, u Fuente: de Papua Nueva Guinea a Australia, 8°-32°S. <i>Araucaria hunsteinii</i> K. Schumann Nombre común: Pino Klinki Elevación: 200-2900 (0-2400) Precipitación: 160-400 (0-2W) Suelo: Profundo, de libre drenaje, fértil — tolera suelos pesados pero no drenaje impedido Resistencia: Sinónimo: <i>A.klinki</i> Lauterbach Uso: 1,0dap/40-80h/4-5g, F, V, C, Pu, Po IMA: 20-30 Crecimiento: 3/2, 9/6 Plantación: C, u Fuente: Papua Nueva Guinea, 8°-9°S <i>Aucoumea klaineana</i> Peirre Nombre común: Gaboon, okoumé Elevación: 0-500 Precipitación: 160-300 (0-2) Suelo: De libre drenaje — tolera acidez y suelos pesados pero no drenaje impedido Resistencia: Sinónimo: Uso: 2,4dap/30-40h/4-5g, F, V, C, Pu IMA: 15-30 (5-10) Crecimiento: 3/2 Plantación: S, Str, u Fuente: de Gabón a Zaire, 2°N-2°S <i>Avicennia germinans</i> L. Nombre común: mangle negro, manglar negro Elevación: 0 Precipitación: > 100 Suelo: Lodo de marea — tolera inundaciones y gran salinidad Resistencia: Sinónimo: <i>A.nitida</i> Jacq. Uso: 0,3dap/30h/9-10g, Pu, Fu, tanino IMA: c Crecimiento: 5/5 Plantación: S, B	Fuente: América tropical y África, 30°N a 30°S <i>Azadirachta indica</i> A. Juss Nombre común: Neem, lilaila, paraíso Elevación: 0-500 Precipitación: 25-100 (5-7) Suelo: Profundo, de libre drenaje — tolera suelos superficiales, infértiles o pesados, alcalinos; pH 5,0 -8,5; la especie tiende a incrementar la alcalinidad del suelo Resistencia: Fr (árboles viejos) Sinónimo: <i>Melia azadirachta</i> L., <i>M. indica</i> Braud Uso: 0,6dap/20-25h/5,8g, F,V,C, Po, Fu, R, A IMA: 5-18 (13 t) c Crecimiento: 3/1, 8/8, 12/20 Plantación: S, B, C, injertos, Stu Fuente: de India a Myanmar y Sri Lanka, 34°-6°N <i>Bagassa guianensis</i> Aubl. Nombre común: Bagasse, bagaceira, kauhoedoe Elevación: 0-500 Precipitación: >160 (0-3) Suelo: Fértil, de drenaje libre — tolera suelos arenosos y latosoles Resistencia: Sinónimo: Uso: 1,2dap/30h/7-8g, F, C IMA: Crecimiento: 2/3, 15/5 Plantación: Stu, Cs Fuente: de las Guayanas al Brasil, 9°N-5°S <i>Bambusa vulgaris</i> Schrad. Nombre común: Bambú Elevación: 0-1000 (0-500) Precipitación: >100(0-3) Suelo: Profundo, fértil y de libre drenaje Resistencia: Sinónimo: Uso: 0,2dap/20h/7g, Pu, Fu, A, R IMA: 2-9 t/ha c Crecimiento: 20/1 Plantación: Cu, renuevos Fuente: Asia tropical, extensión latitudinal desconocida <i>Bertholletia excelsa</i> Bompl. Nombre común: Castaña del Pará Elevación: 0-600 Precipitación: 150-250 (0-2) Suelo: Profundo de libre drenaje Resistencia:

Datos sobre las Especies

Sinónimo: Uso: 3dap/50h/6g, F, C, nueces IMA: Crecimiento: 8/8 Plantación: Fuente: de Venezuela al Brasil, 10°N-12°S	Suelo: Generalmente calcáreo Resistencia: Salinidad, Fr (árboles viejos) Sinónimo: <i>Elaphrium simaruba</i> (L.) Rose Uso: 1,0dap/30h/3-4g, C, V, cercos, Fu IMA: C Crecimiento: Plantación: C Fuente: de Florida al norte de Sudamérica, 27°-7°N	Uso: 1,0dap/30h/5-7g, F, V, C, T IMA: c Crecimiento: 3/2, 8/5, 7-11/7 Plantación: B, Str, C, u Fuente: de Honduras y Cuba al Brasil, 15°N-5°S	Precipitación: > 160 (0-3W) Suelo: Fértil, de drenaje libre — tolera drenaje impedido pero no suelos extremadamente infértiles Resistencia: W Sinónimo: <i>C. peltata</i> L. Uso: 0,7dap/20h/3g, V, C, Pu, R, fósforos IMA: c Crecimiento: 7/3 Plantación: B Fuente: de México a las Guayanas, 20°-5°N
<i>Bombacopsis quinatum</i> (Jacq.) Dugand Nombre común: Pochote, amapá doce Elevación: 0-800 (0-300) Precipitación: 80-120 (3-5W) Suelo: De drenaje libre — tolera suelos pesados y acidez pero no drenaje impedido Resistencia: Sinónimo: Uso: 1,8dap/30-40h/4-5g, F, V, C, Pu IMA: Crecimiento: 4/3 Plantación: Stu, Cu Fuente: de Nicaragua a Venezuela, 14°-6°N	<i>Calliandra calothyrsus</i> Meissn. Nombre común: Calliandra Elevación: 0-1500 (0-1000) Precipitación: > 100 (0-3W) Suelo: Tolerar arcillas pesadas e infértiles Resistencia: Fi Sinónimo: <i>C. confusa</i> Sprague y Riley Uso: 0,2dap/10h/5-8g, Fu, Po, A, R IMA: 5-65 c Crecimiento: 3/1 Plantación: S, B Fuente: América Central, 18°-8°N	<i>Cariniana pyriformis</i> Miers Nombre común: Abarco jequitibá amarilla Elevación: 0-600 (0-100) Precipitación: 200-400 (0-2) Suelo: Drenaje libre — tolera acidez Resistencia: Sinónimo: Uso: 1,8dap/40-50h/4-6g, F, V, T, C IMA: 10-20 Crecimiento: Plantación: B, Str, C, u Fuente: de Venezuela a Colombia, 9°-1°N	<i>Cedrela odorata</i> L. Nombre común: Cedro, cedro español Elevación: 0-1200 (0-700) Precipitación: 160-250 (2-4W) Suelo: Fértil, de drenaje libre, calcáreo, no muy ácido — tolera suelos pesados Resistencia: Sinónimo: <i>C. mexicana</i> M.J. Roem Uso: 2,0dap/30-40h/3-6g, F, V, A IMA: 5-10 c Crecimiento: 6/3, 15/5, 22/10, 27/20 Plantación: Str, C, u Fuente: de México a la Argentina, 24°N-27°S
<i>Bromisum alicastrum</i> Nombre común: ramón capomo Elevación: 0-1000 Precipitación: 60-400 Suelo: tolera el karst superficial Resistencia: W Sinónimo: Uso: 1,5dap/40h/5-7g, F, V, C, Pu, Po, A IMA: 3 Crecimiento: 8/10 Plantación: C Fuente: desde el sur de México hasta el Amazonas del Perú, 20°-12°N	<i>Callitris glauca</i> R.Br. x R.T. Bak et H.G.Sim. Nombre común: Pino ciprés Elevación: 500-1500 (0-1000) Precipitación: 25-80 (4-6W) Suelo: Ligero, de libre drenaje— tolera suelos pobres, arenosos y ácidos Resistencia: Fr (ligera) Sinónimo: <i>C. columellaris</i> F.V.M. Uso: 0,9dap/18-30h/5-7g, F, C, Po IMA: 2-10 c Crecimiento: 1/1, 5/9 Plantación: S, C Fuente: Australia, 20°-35°S	<i>Caryocar villosum</i> Pers. Nombre común: Almendrillo, piquiá Elevación: Precipitación: Suelo: Resistencia: Sinónimo: Uso: 2,1dap/45h/6-9g, C IMA: Crecimiento: 12/11 Plantación: Fuente: de Costa Rica a Surinam al Brasil, 10°N-5°S	<i>Cedrelinga catenaeformis</i> Ducke Nombre común: Tornillo, cedrorana iaciaca Elevación: 0-1000 (0-500) Precipitación: 160-350 Suelo: Drenaje libre Resistencia: Sinónimo: Uso: 3,0dap/50h/4-6g, F, C IMA: Crecimiento: 9/8 Plantación: Fuente: del Brasil al Perú, 0°-10°S
<i>Bucida buceras</i> L. Nombre común: Gregre, úcar Elevación: 0-200 Precipitación: 80-140 (0-2) W Suelo: Crece mejor en suelos profundos y bien drenados; tolera inundaciones temporales y colinas rocosas. Resistencia: W Sinónimo: Uso: 1,5dap/20h/9g, C, Po, cortiembre IMA: C Crecimiento: 13/40 Plantación: B, u Fuente: México, Indias occidentales, y las Guayanas, 25°-5°N	<i>Calophyllum calaba</i> L. Nombre común: Santa María, jacareuba Elevación: 0-500 Precipitación: 125-500 Suelo: Aluvial profundo — tolera suelos pobres y drenaje impedido Resistencia: W Sinónimo: <i>C. brasiliense</i> Camb. Uso: 1,5dap/45h/5-7g, F, C, Po, R IMA: 1-7 c Crecimiento: 6/5, 8/8 Plantación: S, C Fuente: de México al Brasil, 20°N-10°S	<i>Casuarina equisetifolia</i> L.ex.J.R.&G.Forst. Nombre común: Casuarina, roble hembra Elevación: 0-1750 (0-900) Precipitación: 70-500 (3-6) Suelo: Arenoso, de libre drenaje — tolera suelos pobres, calcáreos, alcalinos o salinos y drenaje impedido Resistencia: W, Fr Sinónimo: <i>C. littoralis</i> Salisb. Uso: 0,5dap/20-40h/6-12g, C, Pu, Fu R, tanino IMA: 6-20 (6-20 t) Crecimiento: 5/2, 15/6, 20-32/12 Plantación: B, C Fuente: Sureste del Asia y las Islas del Pacífico, 22°N-32°S	<i>Ceiba pentandra</i> (L.) Gaertn. Nombre común: Ceiba, sumaumá Elevación: 0-1200 (0-700) Precipitación: 75-570 (3-6) Suelo: Profundo de drenaje libre — tolera suelos superficiales y alcalinidad Resistencia: Fr (-7°C) Sinónimo: <i>Bombax pentandrum</i> L. Uso: 2,0dap/50h/2-4g, F, V, C, Pu, Fu, kapok IMA: 7-10 t/ha vainas c Crecimiento: 5/5 Plantación: S, Cu, injertos Fuente: de México a Guayanas 20°N-40°S
<i>Bursera simarouba</i> (L.) Sarq. Nombre común: Gumbo limbo, almácigo Elevación: 0-1800 Precipitación: 50-140 (1-6W)	<i>Carapa guianensis</i> Aubl. Nombre común: Andiroba, carapa Elevación: 0-500 Precipitación: 16-300 Suelo: Profundo, aluvial — tolera drenaje impedido Resistencia: W Sinónimo:	<i>Cecropia schreberiana</i> (Miq.) Nombre común: Yagrumo, madera trompeta, madera cañón Elevación: 0-1500 (0-1000)	

Datos sobre las Especies

<i>Chlorophora excelsa</i> (Welw.) Benth & Hook Nombre común: Iroko, mvule Elevación: 0-1200 (0-700) Precipitación: 100-180 (0-3) Suelo: Profundo, de drenaje libre — tolera la acidez Resistencia: W Sinónimo: Uso: 35-40h/5-6g, F, V, C, A IMA: 5-8 c Crecimiento: 3/3, 9/10, 12/12 Plantación: Str, Stu Fuente: África tropical, 10°N-5°S	Plantación: C, Cu Fuente: parte Central y Sur de la China, 27°-22°N <i>Cupressus arizonica</i> Greene Nombre común: ciprés de Arizona Elevación: 1500-2800 (1000-2300) Precipitación: 25-75 (4-7S) Suelo: Ligero de drenaje libre — tolera alcalinidad Resistencia: Fr (W) Sinónimo: Uso: 1,0dap/10-20h/4-6g, C, Po, rompevientos IMA: 3-5 Crecimiento: 2/2 Plantación: B, C Fuente: del sureste de los EE.UU. a México, 35°-25°N	IMA: 12-17 Crecimiento: 13/22, 20/27 Plantación: B, C Fuente: Los Himalayas, 32°-28°N <i>Cydistax donnell-smithii</i> Rose Nombre común: Primavera, sanjuan Elevación: 0-1000 (0-300) Precipitación: 100-300 (2-3 W) Suelo: Profundo, ligero, de drenaje libre — tolera acidez Resistencia: Sinónimo: <i>Tabebuia donnell-smithii</i> Rose Uso: 1,0dap/25-35h/3-5g, F, V IMA: 20-30 c Crecimiento: 9/4, 14/10, 31/36 Plantación: B, Stu, C Fuente: de México a Honduras, 21°-13°N	Uso: 2,6dap/60h/5g, F, V, C, A IMA: Crecimiento: 2/3, 10/10, 15/15 Plantación: Str, u Fuente: de la Costa de Marfil a Uganda, 10°N-2°S <i>Enterolobium cyclocarpum</i> Jacq.) Gris Nombre común: Guanacaste, dormilón, carocaró Elevación: 0-900 (0-100) Precipitación: 75-250 (1-6W) Suelo: Profundo, de drenaje libre — tolera alcalinidad y suelos calcáreos Resistencia: Fr Sinónimo: Uso: 3,0dap/20-40h/3-6g, F, V, C, Po, Fu, tanino, A IMA: 20-28 c Crecimiento: 13/8, 25/12 Plantación: B, u Fuente: de México al Brasil, 23°N-10°S
<i>Cordia alliodora</i> Cham. Nombre común: Laurel, cypre, capá prieto Elevación: 0-1500 (0-1000) Precipitación: 100-500 (0-4W) Suelo: De drenaje libre — tolera los suelos superficiales, las arcillas pesadas y la alcalinidad Resistencia: W Sinónimo: <i>Cerdana alliodora</i> R.&P. Uso: 0,9dap/25-30h/4-6g, F, V, C, A IMA: 10-20 c Crecimiento: 6/3, 17/10, 21/15, 29/24 Plantación: S, Stu, u Fuente: de México a la Argentina, 20°N-25°S	<i>Cupressus lusitanica</i> Mill. Nombre común: ciprés, ciprés mexicano Elevación: 1300-3300 (800-2800) Precipitación: 100-150 (2-3 W) Suelo: Profundo, fértil de libre drenaje — tolera acidez Resistencia: Fr, W Sinónimo: <i>C. benthami</i> Endl. Uso: 1,1dap/25-30h/4-5g, V, C, Pu, Po, R IMA: 8-40 Crecimiento: 8/5, 12/10, 23/16, 27/25 Plantación: B, C Fuente: de México a Honduras, 27°-13°N	<i>Dacrydium cupressinum</i> Solander Nombre común: Rimu Elevación: 500-1200 (0-700) Precipitación: 150-330 Suelo: Resistencia: Sinónimo: Uso: 1,4dap/40h/4-5g, F, V, C, tanino IMA: Crecimiento: Plantación: Fuente: de Malasia a Nueva Zelandia, 3°N-45°S	<i>Eucalyptus camaldulensis</i> Dehn. Nombre común: gomero del río Colorado (procedencias norteñas) Elevación: 0-1400 (0-900) Precipitación: 25-125 (4-8W) Suelo: Tolerar suelos pobres, pesados, ácidos, alcalinos, de salinidad moderada y drenaje impedido, pero no suelos calcáreos Resistencia: Sinónimo: <i>E. rostrata</i> Schlecht Uso: 2dap/30-50h/6-9g, C, Pu, Po, Fu, R IMA: 15-30 c Crecimiento: 3/1, 9/10, 36/28 Plantación: C, Cu, Fuente: Zona tropical y subtropical de Australia, 15°-32°S
<i>Cryptomeria japonica</i> Don. Nombre común: Sugi Elevación: 1500-2400 (1000-1900) Precipitación: 150-250 (0-2) Suelo: Profundo, fértil, de drenaje libre — tolera arcillas pesadas y acidez Resistencia: Fr, W Sinónimo: Uso: 2,4dap/30-50h/2-4g, V, C IMA: 10-33 c Crecimiento: 5-9/5, 9-17/10, 12-22/15 Plantación: C, Cu Fuente: de China al Japón, 40°-30°N	<i>Cupressus macrocarpa</i> Hartweg Nombre común: ciprés de Monterey Elevación: 1200-3500 (700-3000) Precipitación: 70-160 (2-4S) Suelo: Fértil, de drenaje libre, suelos francos — tolera alcalinidad y salinidad moderada Resistencia: Fr(-3°C), W Sinónimo: <i>C. hartwegii</i> Carriere Uso: 2,0dap/15-25h/5g, C, Po, R IMA: 11-25 Crecimiento: 8/7, 12/14, 17/35 Plantación: B, C Fuente: California, 36°N	<i>Dalbergia sissoo</i> Roxb. Nombre común: Shisham, sissoo, palisandro de la India, palo de rosa Elevación: 0-1000 (0-500) Precipitación: 50-400 (3-6W) Suelo: Profundo, de drenaje libre — tolera suelos arenosos y salinos pero no superficiales Resistencia: Fr, W Sinónimo: Uso: 1,6dap/30h/7-8g, F, V, C, Fu, R, A IMA: 5-8 (c9-12) Crecimiento: 5/3, 11/5, 15/10 Plantación: S, Str, Stu, Cu Fuente: de los Himalayas a Bangladesh, 33°-24°N	<i>Eucalyptus camaldulensis</i> Dehn. Nombre común: gomero del río Colorado (procedencias sureñas) Elevación: 500-2000 (0-1500) Precipitación: 20-100 (4-6S) Suelo: Libre drenaje — tolera suelos superficiales, pesados, alcalinidad y drenaje impedido Resistencia: Fr (-8°C) Sinónimo: <i>E. rostrata</i> Schlecht Uso: 2,0dap/35-45h/7-10g, C, Pu, Po, F, R IMA: 5-35 (20 t) c Crecimiento: 5/2, 16/10 Plantación: C Fuente: Zona templada de Australia, 32°-38°S
<i>Cunninghamia lanceolata</i> (Lamb) Hooker Nombre común: Abeto chino, cuningamia Elevación: 800-1300 (300-800) Precipitación: 125-190 Suelo: Arenoso Resistencia: Fr (leve) Sinónimo: <i>C. sinensis</i> Rich Uso: 1,7dap/50h, C IMA: 14-36 Crecimiento: 3-6/5, 8-15/10, 11-21/15	<i>Cupressus toluosa</i> Don. Nombre común: Ciprés de Bhután Elevación: 1500-2800 (1000-2300) Precipitación: 65-240 (3-4W) Suelo: Ligero, de drenaje libre, calcáreo — tolera acidez Resistencia: Fr (-10°C), W Sinónimo: Uso: 0,8dap/30-45h/5g, C, Po	<i>Entandrophragma utile</i> (Dawe & Sprague) Nombre común: Útile, sipo Elevación: 0-900 (0-100) Precipitación: 150-250 Suelo: Resistencia: W Sinónimo:	

Datos sobre las Especies

Eucalyptus citriodora Hook

Nombre común: gomero pecoso

Elevación: 0-1800 (0-1300)

Precipitación: 65-160 (5-7W)

Suelo: Profundos, ligeros, de libre drenaje — tolera suelos pobres y acidez

Resistencia: Fr (-2°C)

Sinónimo: *E. maculata* var. *citriodora* F. Muell.

Uso: 1,3dap/30-45h/7-11g F, V, C, Pu, Po, Fu, aceite

IMA: 5-20 c (débil)

Crecimiento: 3/1, 15/8

Plantación: C

Fuente: Queensland, Australia, 17°-26°S

Eucalyptus deglupta Blume

Nombre común: gomero de Mindanao, bagras, kamarere

Elevación: 0-1800

Precipitación: 200-500 (0-1W)

Suelo: Ligero, fértil de libre drenaje — tolera acidez, y drenaje impedido

Resistencia:

Sinónimo: *E. naudiniana* F. Muell.

Uso: 2,4dap/35-80h/3-7g, F, C, Pu, Fu

IMA: 14-50 (23 t)

Crecimiento: 6/3, 15-24/5, 30-37/10, 34-45/15

Plantación: C, u

Fuente: de Mindanao, Filipinas a Nueva Bretaña, Papua Nueva Guinea, 4°N-11°S

Eucalyptus globulus Labill

Nombre común: gomero azul de Tasmania

Elevación: 1500-3000 (1000-2500)

Precipitación: 50-180 (2-3S)

Suelo: Profundo, arenoso de libre drenaje — tolera suelos pesados y ácidos pero no salinos

Resistencia: Fr (-8°C)W

Sinónimo: *E. cordata* Miq.

Uso: 2,0dap/40-65h/6-8g, C, Pu, Po, Fu, R

IMA: 10-40 c

Crecimiento: 6-15/3, 14-18/8, 18-24/12

Plantación: S, B, C

Fuente: Tasmania, Australia, 37°-44°S

Eucalyptus grandis Hill ex Maiden

Nombre común: gomero anegado

Elevación: 0-2100 (0-1600)

Precipitación: 100-400 (0-3W)

Suelo: Profundos, de libre drenaje — tolera suelos arenosos y acidez

Resistencia: Fr (-5°C)

Sinónimo: *E. saligna* Sm var. *pallidivalvis* Baker & Smith

Uso: 2,0dap/40-60h/4-7g, F, V, C, Pu, Po, Fu

IMA: 15-50 (20-40 t) c

Crecimiento: 4/2, 14/6, 24/10

Plantación: C, Cu,

Fuente: de Queensland a Nueva Gales del Sur, Australia, 17°-32°S

Eucalyptus paniculata Sm.

Nombre común: corteza gris de hierro

Elevación: 500-1500 (0-1000)

Precipitación: 75-130 (2-3W)

Suelo: Ligeros de drenaje libre — tolera suelos superficiales y acidez

Resistencia: Fr (-2°C)

Sinónimo: *E. terminalis* Sieb. ex Benth.

Uso: 1,2dap/30-35h/9-12g, C, Po

IMA: 9-18 c

Crecimiento: 5/2, 15/9, 29/22

Plantación: C

Fuente: Nueva Gales del Sur, Australia, 30°-37°S

Eucalyptus pilularis Sm.

Nombre común: trasero negro

Elevación: 500-2000 (0-1500)

Precipitación: 60-120 (3-4W)

Suelo: Arenosos o arcillosos, tolera suelos pobres

Resistencia: Fr (-15°C)

Sinónimo: *E. semicortata* F. Muell.

Uso: 2,0dap/60-70h/6-10g, C, Po, Fu,

IMA: 10-20 c

Crecimiento: 6/2, 14/9, 27/13

Plantación: C, u

Fuente: de Queensland a Nueva Gales del Sur Australia, 25°-38°S

Eucalyptus resinifera Sm.

Nombre común: caoba roja

Elevación: 900-2000 (400-1500)

Precipitación: 100-300 (4W)

Suelo: Ligero, de libre drenaje

Resistencia: Fr (-9°C)

Sinónimo: *E. hemilampra* F. Muell

Uso: 1,5dap/30-45h/6-10g, F, C, Po, Fu

IMA: 15-25 c

Crecimiento: 3/1, 10/2, 23/15

Plantación: C

Fuente: Australia, 17°-34°S

Eucalyptus robusta Sm.

Nombre común: caoba de pantano, robusta

Elevación: 0-1500 (0-1000)

Precipitación: 100-170 (1-4W)

Suelo: Profundo, ácido — tolera suelos pobres, pesados y drenaje impedido

Resistencia: Fr (-3°C)W

Sinónimo: *E. multiflora* Poir.

Uso: 2,5dap/25-50h/6-9g, C, Pu, Po, R, A

IMA: 10-40 c

Crecimiento: 4/2, 17/6, 22/13

Plantación: B, C

Fuente: de Queensland a Nueva Gales del Sur, Australia, 26°-36°S

Eucalyptus saligna Sm.

Nombre común: gomero azul, saligna

Elevación: 0-1000

Precipitación: 100-400 (0-4W)

Suelo: Liviano, drenaje libre — tolera acidez

Resistencia: Fr (-7°C)FiW

Sinónimo:

Uso: 1,8dap/35-55h/5-10g, F, V, C, Pu, Po, Fu

IMA: 10-55 (25-40t)c

Crecimiento: 3-6/2, 12-18/5, 20-28/10

Plantación: C, Cu

Fuente: de Queensland a Nueva Gales del Sur, Australia, 26°-36°S

Eucalyptus tereticornis Sm.

Nombre común: gomero de Mysore, Zanzibar C, gomero del bosque (procedencias norteañas)

Elevación: 0-1800 (0-1300)

Precipitación: 50-100 (4-7W)

Suelo: Profundo, de libre drenaje, franco-arenoso — tolera suelos pesados y ácidos y drenaje impedido, pero no una acidez excesiva

Resistencia: Fr (-5°C)

Sinónimo: *E. umbellata* (Gaertn) Domin.

Uso: 2,0dap/35-45h/4-10g, C, Pu, Po, R

IMA: 12-25 (20 t) c

Crecimiento: 6/2, 8/5, 13-19/7

Plantación: C

Fuente: de Papua Nueva Guinea a Queensland, Australia, 15°-38°S

Eucalyptus urophylla S.T. Blake

Nombre común: gomero blanco de Timor

Elevación: 200-1500 (0-1000)

Precipitación: 110-200 (2-6W)

Suelo: de libre drenaje — tolera suelos pesados y acidez

Resistencia: Fi

Sinónimo: *E. decasneana* Bl.

Uso: 1,2dap/35-50h

IMA: 20-60 c

Crecimiento: 8/2, 15/5, 27/7

Plantación: C, Cu,

Fuente: Timor e islas cercanas, 8°-10°S

Eucalyptus viminalis Labill.

Nombre común: gomero de maná

Elevación: 2000-3000 (1500-2500)

Precipitación: 75-250 (0-4)

Suelo: Profundo, fértil, de drenaje libre — tolera suelos pobres, ácidos pesados y acidez

Resistencia: Fr (-12°C)W

Sinónimo: *E. saccharifera* F.Muell ex Miq.

Uso: 1,6dap/25-45h/6-9g, C, Pu, Po,

IMA: 10-40 c

Crecimiento: 7/5, 35/22

Plantación: C

Fuente: Principalmente Nueva Gales del Sur, Australia, 28°-44°S

Flindersia brayleyana F.v.M.

Nombre común: arce de Queensland

Elevación: 500-1000

Precipitación: 130-200

Suelo: Profundo, franco de libre drenaje — tolera crestas pedregosas

Resistencia: W

Sinónimo:

Uso: 1,2dap/30h/4-5g, F, V

IMA: 10-14

Crecimiento: 2/1, 10/5, 14/10, 21/10

Plantación:

Fuente: de Papua Nueva Guinea al Norte de Queensland, Australia, 15°-18°S

Gliricidia sepium (Jacq.) Stend

Nombre común: Madrecacao, mata ratón

Elevación: 0-1200 F, C

Precipitación: 150-230 (2-5W)

Suelo: Profundos, de libre drenaje — tolera suelos calcáreos pero no anegados

Resistencia:

Sinónimo: *G. maculata* Kunth.

Uso: 0,4dap/20h, Fu, Po, A, cercos

IMA: 20-40 c 45-55t/ha

Crecimiento: 8/2

Plantación: S, Cu

Fuente: de México a las Guayanas, 25°-5°N

Gmelina arborea L.

Nombre común: Yemane melina

Elevación: 0-800 (0-300)

Precipitación: 100-250 (2-7W)

Suelo: Profundo, fértil de libre drenaje — tolera suelos superficiales, arenosos o pesados y ácidos pero no drenaje impedido

Datos sobre las Especies

Resistencia: Fi Sinónimo: Uso: 1,5dap/30h/4-6g, F, V, C, Pu, Po, A, fósforos IMA: 12-50 (5-14t) c Crecimiento: 3-6/3, 7-14/6, 25/20 Plantación: S, Stu, C, Cu Fuente: de la India al Vietnam, 36°N-5°N <i>Goupia glabra</i> Aubl. Nombre común: Kopie, cupiuba, kabukalli Elevación: Precipitación: Suelo: Arenoso Resistencia: Sinónimo: Uso: 1,0dap/40h/6-9g, F, C IMA: Crecimiento: 7/8 Plantación: u Fuente: Colombia, las Guayanas y el Brasil, 8°N-5°S <i>Grevilia robusta</i> A. Cunn. Nombre común: grevilia, roble de seda Elevación: 800-2100 (300-1600) Precipitación: 70-150 (2-8W) Suelo: Profundo, de libre drenaje, franco — tolera acidez Resistencia: Fr(-10°C), Fi Sinónimo: <i>Grevillea umbricata</i> A. Cunn. Uso: 1,2dap/25-50h/5-7g, F, V, T, C, A IMA: 5-17 Crecimiento: 5/3, 19/14 Plantación: B, C, Cu, Fuente: Australia, 25°-30°S <i>Guaiacum officinale</i> Nombre común: guayaco, lignum vitae Elevación: 0-400 Precipitación: 30-100 Suelo: Prefiere suelos profundos y aluviales pero tolera suelos calcáreos rocosos con una gama de pH de 5,0 a 8,5; no tolera la salinidad. Resistencia: Sinónimo: Uso: 0,8dap/10h/10-13g, vigas, ornamental IMA: Crecimiento: 3/7, 4,5/15 Plantación: C, u Fuente: desde las Bahamas a las Guayanas, 24°-6°N	<i>Guazuma ulmifolia</i> Lam. Nombre común: Guácimo, olmo de las Indias Occidentales Elevación: 0-1000 (0-500) Precipitación: 65-160 (4-7W) Suelo: Tolerar suelos arenosos y arcillosos, incluso de pobre drenaje pero no salinidad. Resistencia: Fr (leve) Sinónimo: <i>G. guazuma</i> (L.) Cockerell Uso: 0,8 dap/20h/5-6g, F, C, Po, Fu, Fo, A IMA: 6t c Crecimiento: 2/1, 7/3 Plantación: Stu, c Fuente: de México a la Argentina, 25°N-27°S <i>Hibiscus elatus</i> Sw. Nombre común: Majo, mahoe, majagua Elevación: 0-1200 (0-700) Precipitación: 100-380 (2-3W) Suelo: Profundo, de libre drenaje — no tolera crestas pero sí arcillas ácidas. Resistencia: Sinónimo: <i>Paritium elatum</i> (Sw.)G.Don. Uso: 0,5dap/25h/5-8g, F, C, T IMA: 14-36 c Crecimiento: 8/5,14/10, 21/17, 25/27 Plantación: B, C, u Fuente: de Cuba a Jamaica, 22°-18°N <i>Hura crepitans</i> L. Nombre común: hura, ceiba blanca, molinillo Elevación: 0-100 Precipitación: >150 Suelo: Mejor en suelos francos arenosos — tolera pobre drenaje Resistencia: Sinónimo: Uso: 2-3dap/40-60h/3-4g, F, V, C, Po IMA: Crecimiento: Plantación: C, Cu, Fuente: de Costa Rica al Brasil, 24°N-19°S <i>Hymenea courbaril</i> (L.) Nombre común: Courbaril, algarrobo, jatahy Elevación: 0-900 Precipitación: 120-240 (2-4W) Suelo: Mejor en suelos profundos y arenosos con un pH de 4,8 a 6,8; no tolera pobre drenaje. Resistencia: Sinónimo: Uso: 2,0dap/40h/7-8g, C, T, fruta	IMA: C Crecimiento: 4/8, 11/13, 20/44 Plantación: S, C Fuente: México, las Islas del Caribe al Brasil, 23°N-25°S <i>Jacaranda copaia</i> (Aubl.) D.Don Nombre común: copaia, abey, pará Elevación: 0-1000 Precipitación: 60-200 (4-6W) Suelo: Ligero a pesado, alcalino a neutral — tolera suelos pobres, drenaje pobre y salinidad Resistencia: Sinónimo: <i>Bignonia copaia</i> Aubl. Uso: 0,8dap/30h/3-4g, F, C, Pu, fósforos IMA: c Crecimiento: 22/11 Plantación: C, Cu, Fuente: de Belice al Brasil, 18°N-25°S <i>Khaya grandifoliola</i> C.DC. Nombre común: caoba de hoja grande Elevación: 0-1400 (0-900) Precipitación: 100-180 (0-2) Suelo: Resistencia: Sinónimo: Uso: 1,5dap/40h/5-7g, F, C, T, A IMA: 2 Crecimiento: 2/1, 7/5 Plantación: B, Str, Stu Fuente: del litoral africano de Guinea al Sudán, 5°S-13°N <i>Khaya ivorensis</i> A. Chev. Nombre común: caoba de Nigeria Elevación: 0-500 Precipitación: >180 (0) Suelo: Profundo, aluvial, cerca de los flujos fluviales Resistencia: Sinónimo: Uso: 2,0dap/60h/3-5g, F, V, C, T IMA: Crecimiento: 8/6, 15/16 Plantación: Str, Stu, u Fuente: de Sierra Leona a Uganda, 8°-3°N <i>Khaya nyasica</i> Stapfex Baker Nombre común: caoba del África oriental Elevación: Precipitación: 60-160 (3-6W) Suelo: Húmedo, bien drenado, aluvial; al margen de llanos anegados	Resistencia: Sinónimo: Uso: 4,5dap/60h/4-6g, F, V, C, T, A IMA: 14 c Crecimiento: 5/4, 15/16, 20/27, 31/50 Plantación: B, C Fuente: de Tanzania a Mozambique, 5°N-23°S <i>Khaya senegalensis</i> (Desv.)A.Juss. Nombre común: caoba de zona seca, caoba africana Elevación: 900-1800 (400-1000) Precipitación: 75-175 (3-6) Suelo: Ribereño — tolera suelos ácidos de pobre drenaje Resistencia: Sinónimo: Uso: 1,5dap/40h/6-8g, F, V, C, A, Pu IMA: Crecimiento: 5/3, 25/25 Plantación: B, C, Str, Stu, u Fuente: del Senegal al Sudán, 14°N-10°S <i>Laguncularia racemosa</i> (L.) Gaertn. Nombre común: mangle blanco Elevación: 0 Precipitación: 80-700 Suelo: Sedimentos salinos y depósitos arcillosos — tolera frecuentes anegaciones, prefiere salinidades de menos de 50 partes por 1000. Resistencia: Sinónimo: Uso: 0,7dap/25h/6-8g, Po, Fu, tanino IMA: Crecimiento: 19/22 Plantación: B, Str Fuente: de México al Brasil, 28°N-29°S <i>Leucaena leucocephala</i> (Lam.) de Wit Nombre común: Leucaena, tamarandillo, ipil ipil, tan tan Elevación: 0-800 (0-300) Precipitación: 60-100 (2-6W) Suelo: De drenaje libre, neutral a alcalino— tolera suelos superficiales y pesados Resistencia: Fr (leve), Fi (después de 2 años) Sinónimo: <i>L. glauca</i> (L.) Benth. Uso: 0,2dap/5h/5-6g, Po, Fu, R, A IMA: 20-25 c Crecimiento: 3/2, 17/6, Plantación: C, Cu, injertos, u Fuente: de México a Guatemala y las Antillas, 27°-12°N

Datos sobre las Especies

<i>Leucaena leucocephala</i> (Syn.) Nombre común: leucaena gigante Elevación: 0-1500 (0-500) Precipitación: 60-100 (2-6W) Suelo: De libre drenaje, y de neutral a alcalino — tolera suelos pesados y salinidad moderada, pero no de mucha acidez (pH por debajo de 6,0) Resistencia: Fr (leve) Sinónimo: Uso: 0,6dap/20h/4-6g, C, Pu, Po, Fu, R, A IMA: 30-55, 18t c Crecimiento: 9/2,13/4 Plantación: S, B, C, Cu, Stu Fuente: de México a Guatemala, 17°-15°N	IMA: 3 Crecimiento: 4,5/5 Plantación: S, C, u Fuente: de México al norte del Brasil 20°N-15°S <i>Melaleuca leucodendron</i> (L.) L. Nombre común: Cajeput, malaleuca, corteza de papel Elevación: 0-800 (0-300) Precipitación: 80-160 (0-4W) Suelo: Tolerar suelos pobres, pesados, drenaje impedido, alcalinidad y salinidad Resistencia: Fi, W Sinónimo: <i>M. leucodendron</i> (Cav.) S.T. Blake Uso: 0,6dap/10-30h/6-7g, V, C, Po, R IMA: 10-16 c Crecimiento: 3/2, 10/15 Plantación: c Fuente: de Myanmar al este de Australia, 24°N-25°S <i>Melia azedarach</i> L.. Nombre común: Aleliala, jabonero de las Antillas, acederaque Elevación: 700-1400 (200-900) Precipitación: <75 Suelo: Franco y arenoso bien drenado Resistencia: Fr (leve) Sinónimo: Uso: 0,6dap/30h/5-7g, F, T, Po, Fu, A IMA: 25-40 Crecimiento: 1/1, 8/5, 18/10 Plantación: S, B, Cu Fuente: del Asia Menor a la India, 35°N-25°N <i>Mimosa scabrella</i> Benth. Nombre común: Bracatinga Elevación: Precipitación: Suelo: De libre drenaje Resistencia: Sinónimo: <i>M. bracatinga</i> Hoehne. Uso: 0,4dap/15h Fu IMA: c Crecimiento: 5/1, 9/2, 15/3 Plantación: S Fuente: Sur del Brasil, 15°-25°S <i>Mitragyna stipulosa</i> O. Kuntze Nombre común: Abura Elevación: 0-900 (0-400) Precipitación: 100-180 (0-2) Suelo: Requiere humedad en el subsuelo todo el año, tolera drenaje impedido Resistencia:	Sinónimo: <i>M. ciliata</i> Andrew & Pellgr. Uso: 1,5dap/30h/3-5g, F, C IMA: Crecimiento: Plantación: B, Stu, Cu Fuente: de Uganda a Sierra Leona a Zambia, 10°N-15°S <i>Nauclea diderichii</i> Merrill Nombre común: Opepe, bilinga Elevación: 0-900 (0-400) Precipitación: 200-450 (0-2) Suelo: Profundo, fértil, franco de libre drenaje — tolera suelos ligeros pero no drenaje impedido Resistencia: Sinónimo: <i>Sacrocephalus trillesii</i> A. Chev. Uso: 1,8dap/30-40h/6-8g, F, C, T, Po IMA: 3-10 (3-8 t) Crecimiento: 2/3, 4/4 Plantación: Str, Stu, C Fuente: de Sierra Leona a Uganda, 10°N-5°S <i>Ochroma pyramidale</i> Cav. Nombre común: Balsa, guano Elevación: 0-1800 (0-800) Precipitación: 150-300 (0-2) Suelo: Profundo, fértil, franco de libre drenaje — tolera alcalinidad, Resistencia: Sinónimo: <i>O. lagopus</i> Sw. Uso: 1,2dap/20-25h/1-4g, aislamiento, balsas, juguetes, especialidades IMA: 17-65 (11 t) Crecimiento: 2-8/1, 7-20/3, 32/6 Plantación: S, C Fuente: de México y las Indias Occidentales a Bolivia, 23°N-15°S <i>Paraserianthes falcata</i> (L.) Nielsen Nombre común: batai, albizia blanca Elevación: 0-1200 (0-700) Precipitación: 200-400 (0-2) Suelo: Drenaje libre — tolera suelos pobres, alcalinidad y salinidad, pero no drenaje impedido Resistencia: W Sinónimo: <i>Albizia falcata</i> (L.) Back Uso: 0,6dap/25-45h/3-5g, V, Pu, fósforos IMA: 20-50 (29 t/ha) c Crecimiento: 13/2, 15-27/6, 30/11 Plantación: S, Stu, C, u Fuente: de Malasia a Indonesia, 3°N-20°S <i>Parkinsonia aculeata</i> L. Nombre común: Palo de rayo, haba panosa	Elevación: 0-1400 (0-900) Precipitación: 25-40 (6-9) Suelo: De drenaje libre — tolera suelos pobres y alcalinos pero no drenaje impedido Resistencia: Fr (leve) Sinónimo: Uso: 0,4dap/10h/6g, Fu, Po, A, R IMA: Crecimiento: 1/1 Plantación: C, Cu, Fuente: de Tejas a Arizona y México 30°-15°N <i>Paulownia tomentosa</i> Stend Nombre común: kiri, piropó Elevación: 500-1200 (0-700) Precipitación: 120-180 (0-2W) Suelo: Profundo, fértil, de libre drenaje — tolera la acidez Resistencia: Fr (leve),W Sinónimo: Uso: 12-16h/2-5g, F, C IMA: 25-35 c Crecimiento: 6/5 Plantación: Cu Fuente: Japón, 40°-32°N <i>Pinus ayacahuite</i> Ehrenb. Nombre común: pino ayacahuite, pino blanco mexicano Elevación: 1,800-3200 (1300-2700) Precipitación: 120-250 (0-2W) Suelo: Profundo, fértil, de drenaje libre — tolera suelos ligeros, acidez Resistencia: Fr Sinónimo: Uso: 1,5dap/30-40h/4-5g, F, V, C, Pu, resina IMA: 8-15 Crecimiento: 20/19 Plantación: C Fuente: de México a El Salvador, 19°-14°N <i>Pinus canariensis</i> C. Smith Nombre común: pino de las Islas Canarias Elevación: 1000-2500 (500-2000) Precipitación: 65-175 (2-8S) Suelo: Profundo, de libre drenaje — tolera suelos ligeros Resistencia: Fr (-8°C) Sinónimo: Uso: 1,0dap/20-30h/6g, C, Po, Resina IMA: 8-18 c (pobremente) Crecimiento: 7/5, 12/10 Plantación: S, C Fuente: Islas Canarias, 29°-28°N

Datos sobre las Especies

<i>Pinus caribaea</i> Morelet var. <i>bahamensis</i> Barr. & Golf. Nombre común: pino del Caribe, pichipen Elevación: 0-1000 (0-500) Precipitación: 75-150 (6-7W) Suelo: Ligeros, de drenaje libre — tolera la piedra caliza del coral y la alcalinidad (pH de 7,5 a 8,5) Resistencia: Fr (-8°C), Fi (cuando viejo), W Sinónimo: <i>P. bahamensis</i> Griseb. Uso: 0,5dap/15-20h/3-5g, C, Pu, Po, resina IMA: 10-28 Crecimiento: 3/5, 20/23 Plantación: C Fuente: d la Gran Bahamas a las Islas Caicos, 27°-21°N	<i>Pinus chiapensis</i> (Martínez) Andersen Nombre común: Pino de Chiapas, pino blanco mexicano Elevación: 500-2000 (0-1500) Precipitación: 100-160 (2-3S) Suelo: Profundo, de libre drenaje — tolera arena y acidez Resistencia: Sinónimo: <i>P. strobus</i> var. <i>chiapenses</i> (Martínez) Uso: 1,0dap/25-30h/4-5g, F, C, Pu, resina IMA: 10-30 Crecimiento: 9/7, 22/26 Plantación: C, Cu Fuente: de México a Guatemala, 21°-15°N	Crecimiento: 3/3, 6/6, 14/10, 19/16 Plantación: C Fuente: Carolina del Sur a Luisiana, 35°-27°N	Resistencia: Fr (leve) Sinónimo: <i>P. insularis</i> Endl. Uso: 1,0dap/45h/4-6g, F, V, C, T, Pu, Po, resina IMA: 14-28 Crecimiento: 3/3, 8/6, 10-11/10, 16/20, 24/30 Plantación: C Fuente: de la India a las Filipinas, 29°-12°N
<i>Pinus caribaea</i> Morelet var. <i>caribaea</i> Barr. & Golf. Nombre común: Pino macho, pino caribaea Elevación: 50-360 Precipitación: 110-180 (4-6W) Suelo: Ligeros, de libre drenaje — tolera acidez (pH 4,6) y suelos superficiales o serpentinos Resistencia: Fr (-8°C), W Sinónimo: <i>P. caribaea</i> Morelet Uso: 0,7dap/20-27h/3-5g, C, Pu, Po, resina IMA: 10-28 Crecimiento: 6/6, 22/26 Plantación: B, C Fuente: Pinar del Río y la Isla de Pinos, Cuba, 23°-21°N	<i>Pinus douglasiana</i> Martínez Nombre común: Pino Douglas Elevación: 1500-2400 (1000-1900) Precipitación: 90-120 Suelo: Profundo, arenoso Resistencia: Fr (joven) Sinónimo: Uso: 1,0dap/30h, C IMA: Crecimiento: 9/8, 27/32 Plantación: C Fuente: de Sinaloa a Guerrero, México, 27°-17°N	<i>Pinus engelmannii</i> Carr. Nombre común: Apache pine Elevación: 1600-2500 (1100-2000) Precipitación: 50-75 Suelo: Ligeros — tolera suelos pobres Resistencia: Fr Sinónimo: Uso: 1,0dap/30h, C IMA: Crecimiento: 7/16, 11/20 Plantación: C Fuente: del Suroeste de EE.UU a Zacatecas México, 33°-22°N	<i>Pinus leiophylla</i> Scheide & Dieppe Nombre común: Pino de hojas lisas Elevación: 1500-2400 (1000-1900) Precipitación: 100-120 Suelo: Profundo, franco-arenoso Resistencia: Fr (moderada) Sinónimo: Uso: 1,0dap/15-30h/4g, C, Fu resina IMA: C Crecimiento: 6/5, 11/10, 17/15, 27/29 Plantación: C Fuente: de Arizona, EE.UU. a Oaxaca, México, 34°-17°N
<i>Pinus caribaea</i> Morelet var. <i>hondurensis</i> Barr. & Golf. Nombre común: Pino hondureño, pino peceño Elevación: 0-850 (0-500) Precipitación: 100-350 (2-6W) Suelo: Profundo, moderadamente fértil, de libre drenaje — tolera suelos arenosos, la acidez (pH 4,0-6,5), y el drenaje impedido Resistencia: Fr (-8°C), Fi (moderado), W Sinónimo: <i>P. hondurensis</i> Loock. Uso: 1,0dap/35-45h/3-7g, C, Pu, Po, resina IMA: 20-50 (8-14 t) Crecimiento: 7/4, 12/9, 22/15, 30/30 Plantación: B, C Fuente: Belice a Nicaragua, 18°-12°N	<i>Pinus durangensis</i> Martínez Nombre común: Pino de Durango Elevación: 2500-2800 (1800-2100) Precipitación: 75-100 Suelo: Húmedo, arenoso, de buen drenaje Resistencia: Fr Sinónimo: Uso: 1,0dap/40h c, Fu, resina IMA: Crecimiento: 5/11, 11/25, 21/41 Plantación: C Fuente: de Chihuahua a Durango, México, 31°-22°N	<i>Pinus greggii</i> Engelm. Nombre común: Pino de Gregg Elevación: 1500-3100 (1000-2600) Precipitación: 65-80 (3-5W) Suelo: Profundo, de libre drenaje — tolera una acidez severa Resistencia: Sinónimo: <i>P. pseudopatula</i> (Bois.) Hort. Uso: 0,5dap/15-20h/4g, C, Pu, Po IMA: 5-13 Crecimiento: 18/13, 23/19 Plantación: C Fuente: de Coahuila a San Luis Potosí, México, 26°-20°N	<i>Pinus merkusiana</i> Jungh & de Vriese Nombre común: Pino tenasserim Elevación: 0-900 (0-400) Precipitación: 100-280 (2-5W) Suelo: de libre drenaje — tolera una gran acidez Resistencia: Fi, W Sinónimo: <i>P. merkusii</i> Cooling Uso: 0,9dap/30-40h/4-6g, V, C, Pu, Po, resina IMA: 8-18 Crecimiento: Plantación: C Fuente: de la India a Campuchea, 23°-12°N
<i>Pinus caribaea</i> Morelet var. <i>hondurensis</i> Barr. & Golf. Nombre común: Pino hondureño, pino peceño Elevación: 0-850 (0-500) Precipitación: 100-350 (2-6W) Suelo: Profundo, moderadamente fértil, de libre drenaje — tolera suelos arenosos, la acidez (pH 4,0-6,5), y el drenaje impedido Resistencia: Fr (-8°C), Fi (moderado), W Sinónimo: <i>P. hondurensis</i> Loock. Uso: 1,0dap/35-45h/3-7g, C, Pu, Po, resina IMA: 20-50 (8-14 t) Crecimiento: 7/4, 12/9, 22/15, 30/30 Plantación: B, C Fuente: Belice a Nicaragua, 18°-12°N	<i>Pinus elliottii</i> Engelm. var. <i>elliottii</i> Little & Dorman Nombre común: Pino azote Elevación: 500-2500 (0-2000) Precipitación: 65-250 (2-4W) Suelo: de libre drenaje, contiene calcio y magnesio — tolera suelos pesados o superficiales, acidez y drenaje impedido Resistencia: Fr, Fi (viejo) Sinónimo: Uso: 1,0dap/30h/5-7g, C, Pu, Po, resina IMA: 10-22	<i>Pinus halepensis</i> Mill. Nombre común: Pino de Alepo, pino carrasco Elevación: 1500-2500 (1000-2000) Precipitación: 40-80 (5-8S) Suelo: de libre drenaje — tolera suelos arenosos, superficiales y calcáreos Resistencia: Fr (-14°C), Fi (moderado) Sinónimo: Uso: 2,0dap/15-25h/5g IMA: 3-12 Crecimiento: 5/5, 8/10 Plantación: C Fuente: de Marruecos a Israel al sur de Francia, 31°-45°N	<i>Pinus merkusii</i> Jungh & de Vriese Nombre común: Pino merkus Elevación: 800-1600 (300-1100) Precipitación: 200-300 (0-2W) Suelo: de libre drenaje — tolera arena y acidez Resistencia: Sinónimo: Uso: 50-60h/5g, V, C, Pu, Po, resina IMA: 12-30 (12-20 t) Crecimiento: 3/4, 11/7, 16/20, 24-40/30 Plantación: C Fuente: Sumatra, 6°N-3°S
	<i>Pinus kesiya</i> Royle ex Gordon Nombre común: Pino Khasya, pino Benguet Elevación: 1000-2000 (500-1500) Precipitación: 70-180 (2-7W) Suelo: Profundo, alto, de libre drenaje — tolera arcillas pesadas pero no drenaje impedido	<i>Pinus merkusii</i> Jungh & de Vriese Nombre común: Pino merkus Elevación: 800-1600 (300-1100) Precipitación: 200-300 (0-2W) Suelo: de libre drenaje — tolera arena y acidez Resistencia: Sinónimo: Uso: 50-60h/5g, V, C, Pu, Po, resina IMA: 12-30 (12-20 t) Crecimiento: 3/4, 11/7, 16/20, 24-40/30 Plantación: C Fuente: Sumatra, 6°N-3°S	<i>Pinus michoacana</i> Martínez Nombre común: Pino de Michoacán Elevación: 1800-2400 (1300-1900) Precipitación: 90-170 (2-3W)

Datos sobre las Especies

Suelo: Profundo, arenoso, de libre drenaje — en ciertas fases tolera suelos pobres y pesados, y acidez Resistencia: Fr (moderada), Fi (moderada) Sinónimo: Uso: 0,9dap/20-25h/5g, V, C, Pu, Po, resina IMA: 6-12 Crecimiento: 10/7, 18/21, 21/32, pasto Plantación: C Fuente: de Nayarit a Chiapas, México, 23°-14°N	IMA: 10-40 (var. <i>ochoterenai</i>) Crecimiento: 7/4, 9/10, 12/13 Plantación: C Fuente: Sonora, México, a Nicaragua, 28°-13°N	<i>Pinus pseudostrobus</i> Lindl. Nombre común: Pino blanco Elevación: 2100-3000 (1600-2500) Precipitación: 100-150 (0-3W) Suelo: Profundo, de libre drenaje — tolera suelos pesados y acidez Resistencia: Fr (moderado) Sinónimo: Uso: 1,5dap/5-40h/4-5g, C, Pu, resina IMA: 15-30 Crecimiento: 9/7, 15/10, 27/20 Plantación: C Fuente: de Chihuahua, México a Nicaragua, 27°-12°N	Plantación: B, C Fuente: de Nueva Jersey a Tejas, EE.UU., 40°-28°N
<i>Pinus montezumae</i> Lamb Nombre común: Pino de Montezuma Elevación: 1400-3000 (900-2500) Precipitación: 90-160 (2-3W) Suelo: Profundo, fértil, de libre drenaje — tolera arena y acidez Resistencia: Fr (moderada), Fi (moderada) Sinónimo: Uso: 0,9dap/20-40h/4-5g, C IMA: 6-12 Crecimiento: 6/5, 10/9, 20/15, 33/41, fase de yerba Plantación: C Fuente: de Coahuila, México a Guatemala, 27°-14°N	<i>Pinus palustris</i> Mill. Nombre común: Pino de hojas largas Elevación: 0-1500 (0-1000) Precipitación: 100-200 (2-3W) Suelo: Profundo, de libre drenaje — tolera arena y acidez Resistencia: Fr, Fi, W Sinónimo: <i>P. australis</i> Michx Uso: 3,0dap/25-40h/5-6g, C, Pu, Po, resina IMA: 6-12 Crecimiento: 3/2, 6/5, 17/13, fase de pasto Plantación: C Fuente: de Virginia a Tejas, 37°-26°N	<i>Pinus radiata</i> D. Don Nombre común: Pino radiata, pino insignis, pino de Monterey Elevación: 1500-3000 (1000-2500) Precipitación: 65-160 (2-3S) Suelo: de libre drenaje — tolera suelos arenosos y acidez Resistencia: Fr (-10°C) Sinónimo: <i>P. insignis</i> Dougl. Uso: 1,9dap/25-35h/4-5g, V, C, Pu, Po IMA: 12-35 (20-30 t) Crecimiento: 7-8/5, 14/10, 22/17 Plantación: C Fuente: California, EE.UU. y las Islas de Guadalupe, México, 37°-29°N	<i>Pinus tenuifolia</i> Benth. Nombre común: Elevación: 1500-2400 (1000-1900) Precipitación: 90-120 Suelo: Profundo, aluvial — no tolera suelos pobres Resistencia: Sinónimo: Uso: 0,9dap/30h/4-5g, C, resina IMA: Crecimiento: 3/2, 10/6 Plantación: Fuente: Sinaloa, México a Guatemala, 24°-14°N
<i>Pinus occidentalis</i> Sw. Nombre común: Pino de Sierra Madre, pino de monte, pino de las Indias Occidentales Elevación: 0-1500 (0-1000) Precipitación: 130-150 (2-4W) Suelo: de libre drenaje — tolera acidez y suelos serpentinos Resistencia: Fr (leve), Fi (viejo) Sinónimo: <i>P. cubensis</i> Griseb. Uso: 1,2dap/25-35h, C, Pu, Po, resina IMA: 5-10 Crecimiento: 6/5, 12/10, 15/16 Plantación: C Fuente: Cuba e Hispaniola, 19°-18°N	<i>Pinus patula</i> Scheide y Dieppe (incluye var. <i>tecunumanii</i> (Schwerdt) Mittak & Styles) Nombre común: Pino patula Elevación: 1000-3200 (700-2700) Precipitación: 50-240 (0-6W) 100-300 (2-4S) var. <i>tecunumanii</i> Suelo: Profundo, de libre drenaje — tolera suelos ligeros y acidez pero no alcalinidad Resistencia: Fr (-10°C), sensible a las heladas (var. <i>tecunumanii</i>) Sinónimo: <i>P. oocarpa</i> var. <i>ochoterenai</i> Martínez Uso: 1,2dap/20-40h/4-6g, C, Pu, Po IMA: 8-40 (14 t) Crecimiento: 6/5, 12/8, 15/10, 21/15 Plantación: B, C Fuente: de Tamaulipas, México a Nicaragua, 24°-16°N	<i>Pinus roxburghii</i> Sarg. Nombre común: Pino Chir Elevación: 1200-2500 (700-2000) Precipitación: 75-110 (2-4W) Suelo: de libre drenaje — tolera suelos superficiales o pesados y acidez Resistencia: Fr, Fi Sinónimo: <i>P. longifolia</i> Roxb. Uso: 3,0dap/30-35h/4-5g, C, Pu, Po, resina IMA: 7-14 Crecimiento: 4/5, 12/17 Plantación: C Fuente: de Paquistán a Bhutan, 27°-35°N	<i>Pinus teocote</i> Scheide & Dieppe Nombre común: Pino albarcote, pino azteca Elevación: 1500-3000 (1000-2500) Precipitación: 90-100 Suelo: Arenoso — tolera suelos pobres, rocosos Resistencia: Sinónimo: Uso: 9dap/35h, C, Fu, resina IMA: Crecimiento: 4/4 Plantación: Fuente: Chihuahua, México a Guatemala, 28-15°N
<i>Pinus oocarpa</i> Scheide Nombre común: Pino ocote, pino colorado Elevación: 900-2400 (400-1900) Precipitación: 75-150 (2-6W) Suelo: de libre drenaje — tolera suelos superficiales, pobres o pesados, y ácidos Resistencia: Sinónimo: Uso: 0,9dap/20-30h/4-6g, C, Pu, Po, resina	<i>Pinus ponderosa</i> Douglas var. <i>arizonica</i> Shaw Nombre común: Pino de Arizona Elevación: 2000-3000 (1500-2500) Precipitación: 65-90 (1-4W) Suelo: de libre drenaje — tolera arena, suelos superficiales y alcalinidad Resistencia: Fr, Fi, W Sinónimo: <i>P. arizonica</i> Engelm. Uso: 1,0dap/25-30h/5g, V, C, Pu, Po, resina IMA: 5-20 Crecimiento: Plantación: B, C Fuente: del suroeste de los EE.UU. a México, 35°-23°N	<i>Pinus taeda</i> L. Nombre común: Pino de incienso, loblolly Elevación: 1300-2400 (800-1900) Precipitación: 90-220 (0-2) Suelo: tolera suelos, pesados, acidez y drenaje impedido Resistencia: Fr, Fi Sinónimo: Uso: 1,0dap/40-50h/5g, V, C, Pu, Po, resina IMA: 12-30 Crecimiento: 4/3, 6/5, 9/7, 13/10, 16/16	<i>Pinus tropicalis</i> Morelet Nombre común: Pino tropical Elevación: 0-100 Precipitación: (2-3W) Suelo: Resistencia: Sinónimo: Uso: 1,3dap/20h, C, Fo IMA: Crecimiento: 1/1, 15/15, fase de yerba Plantación: Fuente: Pinar del Río e Isla Pinos, Cuba, 23°-21°N
		<i>Pithecolobium saman</i> Benth. Nombre común: Saman, árbol de lluvia, dormilón Elevación: 0-700 (0-200) Precipitación: 60-300 (2-4W) Suelo: de libre drenaje — tolera suelos pesados, acidez y drenaje impedido Resistencia: W	

Datos sobre las Especies

Sinónimo: <i>Samanea saman</i> (Jacq. Merrill) Uso: 2,5dap/35h/4-6g, F, V, C, Fo, A IMA: 25-35 c Crecimiento: 3/1 Plantación: B, Stu, Cu Fuente: de México al Brasil, 11°N-5°S	Suelo: arenoso, rocoso — tolera alcalinidad y acidez Resistencia: Fr (-12°C (variedades), W) Sinónimo: <i>P. chilensis</i> (Mol.) Stuntz Uso: 0,8dap/15h/8-9g, Fo, Fu, Fo IMA: 2-4 Crecimiento: 10/15 C Plantación: S, C, rebrotes de raíz Fuente: de Perú a la Argentina, 18°-27°S	Schefflera morototoni (Aubl.) Decne. Maguier, Steyermark, & Froden Nombre común: Morototo, yagrumo macho, jeretón Elevación: 500-1500 (0-1000) Precipitación: 150-400 (0-3W) Suelo: Profundo, de libre drenaje — tolera tanto la arena como la arcilla Resistencia: Sinónimo: <i>Didymopanax m.</i> (Aubl.) Decne. Uso: 0,7dap/25h/4-5g, C, fósforos IMA: 10-25 (5-10) c Crecimiento: Plantación: B, C, u, Cu Fuente: de México a la Argentina, 25°N-25°S	Uso: 1,3dap/10h/4g, Pu, Fu, Fo, R, A, alimento IMA: 20-25 Crecimiento: 4/1, 8/3 Plantación: S, B, Cu Fuente: de la India a las Filipinas, 20°N-10°S
<i>Podocarpus respigioso</i> Pilger Nombre común: Pino laso Elevación: 2000-3000 (1500-2500) Precipitación: 200-260 Suelo: Fértil, ácido Resistencia: Sinónimo: Uso: 1,2dap/35-40h/4-6g, F, V, C, Pu IMA: Crecimiento: Plantación: B Fuente: de Venezuela al Perú, 8°N-10°S	<i>Pterocarpus indicus</i> Willd Nombre común: Narra, palisandro, palo de rosa Elevación: 0-900 (0-400) Precipitación: 100-180 (0-2) Suelo: Profundo, de libre drenaje Resistencia: Sinónimo: Uso: 1,5dap/40h/5g, F, V, C, Fu, R IMA: Crecimiento: 8/5 Plantación: B, C, u Fuente: Islas de Andamán y Filipinas, 18°-10°N	<i>Schinus molle</i> L. Nombre común: Molle, terebinto, árbol pimentero Elevación: 1000-3500 (500-3000) Precipitación: 30-60 (4-8W) Suelo: Arenoso, de libre drenaje — tolera la alcalinidad y la salinidad Resistencia: Fr (-10°C) Sinónimo: Uso: 1,0dap/20h, Po, Fu, A IMA: 3-5 C Crecimiento: 3/1 Plantación: C Fuente: del Perú al norte de Argentina, 7°-33°S	<i>Shorea robusta</i> Gaertn. Nombre común: Sal Elevación: 100-1500 Precipitación: 100-250 Suelo: Profundos, fértiles — tolera suelos pobres pero no drenaje impedido Resistencia: Fr (leve) Sinónimo: Uso: 1,2dap/35h/8-9g, C IMA: 5-9 (3-5 t) Crecimiento: Plantación: S Fuente: de Orissa a Assam, India, 27°-17°N
<i>Prosopis alba</i> Griseb Nombre común: Algarrobo blanco, ibopé Elevación: 0-1000 (0-500) Precipitación: 10-50 Suelo: tolera la acidez Resistencia: Sinónimo: Uso: 1,0dap/15h, C, Fu, Fo, alimento IMA: 7 Crecimiento: Plantación: S, B Fuente: de Bolivia a la Argentina, 17°-27°S	<i>Pterocarpus macrocarpus</i> Kurz Nombre común: padauk birmanés Elevación: 0-760 Precipitación: 100-200 Suelo: De francos y profundos a filones secos y superficiales, pero no suelos de pobre drenaje Resistencia: Sinónimo: Uso: 1,7dap/40h/7-8g, F, C, T IMA: c Crecimiento: 22/27 Plantación: B, C, u Fuente: de Myanmar a Vietnam, 24°-12°N	<i>Senna siamea</i> Irwin y Barnaby Nombre común: casia amarilla, minjri Elevación: 0-900 (0-500) Precipitación: 30-60 (4-8W) Suelo: Liger, profundo de libre drenaje — tolera acidez y salinidad; suelos calcáreos y drenaje impedido Resistencia: Sinónimo: <i>Cassia siamea</i> Lam. Uso: 0,8dap/20h/6-8g, F, Po, Fu, A, R IMA: 11-30 c 21 t/ha Crecimiento: 5/3, 15/10, 20/25 Plantación: S, B, U Fuente: de Sri Lanka a Indonesia, 20°-1°N	<i>Simarouba amara</i> Aubl. Nombre común: Marupa, madera blanca, pan paraiba Elevación: 0-500 Precipitación: 200-280 (0-2W) Suelo: Arenoso, de libre drenaje — tolera pobre drenaje y acidez Resistencia: Sinónimo: Uso: 1,0dap/40h/3-4g, F, V, C, fósforos IMA: 9 Crecimiento: 3/2, 18/11 Plantación: C Fuente: de Grenada al Brasil, 12°N-5°S
<i>Prosopis juliflora</i> (Swartz) DC Nombre común: Mezquite, algarrobo Elevación: 0-1500 (0-1000) Precipitación: 15-75 (6-8W) Suelo: de libre drenaje — tolera suelos pobres, arenosos o pesados, alcalinos y ácidos Resistencia: Fr (variedades), W Sinónimo: <i>P. glandulosa</i> Torr. Uso: 0,8dap/5-10h/7-8g, Po, Fu, R, A, miel IMA: 3-5 c Crecimiento: 4/4 Plantación: S, C, brotes de raíz Fuente: del sur de los EE.UU. al Ecuador, 35°-20°S	<i>Rhizophora mangle</i> L. Nombre común: Mangle colorado, mangle bermejo Elevación: 0 Precipitación: >100 (0-6) Suelo: Lodo de marea cobijado — tolera gran salinidad y drenaje impedido Resistencia: W Sinónimo: Uso: 1,6dap/50h/9-12g, C, Fu, R, tanino IMA: 8 t Crecimiento: 6/5 Plantación: S, acodado Fuente: litoral de América Tropical, África occidental y Pacífico, 30°N-30°S	<i>Sesbania grandiflora</i> (L.) Pers. Nombre común: báculo, agate, gallito Elevación: 0-800 (0-300) Precipitación: >100 (0-4) Suelo: Toler a suelos arcillosos pobres y pesados, drenaje impedido Resistencia: Sinónimo: <i>Agati grandiflora</i> (L.) Desv.	<i>Swietenia macrophylla</i> King Nombre común: Caoba, mongo, caoba latifoliada Elevación: 50-1400 (0-900) Precipitación: 160-400 (0-4W) Suelo: de libre drenaje — tolera arcillas pesadas y alcalinidad Resistencia: Sinónimo: Uso: 1,9dap/30-40h/4-7g, F, V, C IMA: 5-19 (10-15 t) c Crecimiento: 2/3, 11/11, 18-24/14, 25/33 Plantación: B, Str, C, u Fuente: de México al Brasil, 20°N-18°S
<i>Prosopis tamarugo</i> F. Phil Nombre común: Tamarugo, algarrobo de Chile Elevación: 0-1900 (0-2400) Precipitación: 20-40 (6-8)			<i>Swietenia mahagoni</i> Jacq. Nombre común: Caoba, caoba de las Indias Occidentales Elevación: 0-500

Datos sobre las Especies

Precipitación: 125-200 (2-4W) Suelo: Profundo, de libre drenaje, de neutral a alcalino Resistencia: W Sinónimo: Uso: 1,4dap/25h/7g, F, V, C IMA: 8 C Crecimiento: 5/3, 10-16/12 Plantación: C Fuente: de Florida, EE.UU. a República Dominicana, 25°-18°N	<i>Tectona grandis</i> L. Nombre común: teca Elevación: 0-900 (0-400) Precipitación: 125-250 (3-5W) Suelo: Profundo, fértil, de libre drenaje, neutral — tolera suelos pesados Resistencia: Fi (moderada), W Sinónimo: Uso: 2,4dap/30-40h/6-7g, F, V, C, Po, A IMA: 5-18 (5-16 t) c Crecimiento: 2-3/3, 8/5, 15/10, 19/15, 10-30/30 Plantación: Stu, C, Cu, u Fuente: de la India a Tailandia, 25°-12°N	Uso: 1,2dap/30h/4-7g, F, V, C, Fu, R, A, alimento IMA: 4-6 c Crecimiento: 6/3, 16/9 Plantación: S, B, u Fuente: de la India a Filipinas, 23°N-20°S	Precipitación: 85-180 (2-6W) Suelo: Profundo, de libre drenaje — tolera acidez Resistencia: Fr (leve), W Sinónimo: <i>Cedrela toona</i> Roxb. Uso: 1,5dap/30-45h/4-6g, F, V, C IMA: 7-18 c Crecimiento: 5/2, 8/5, 20/12 Plantación: Str, C, brotes de raíces, u Fuente: Australia, 17°-36°S
<i>Tabebuia pentaphylla</i> (L.) Hemsl. Nombre común: Apamate, roble, poui rosa Elevación: 100-1000 (0-500) Precipitación: 125-250 (0-3W) Suelo: de libre drenaje — tolera drenaje impedido Resistencia: W Sinónimo: Uso: 0,9dap/25-30h/5-6g, F, V, C IMA: 10-20 C Crecimiento: 3/1, 8/5 Plantación: S, B, Str, C, Cu Fuente: de México al Ecuador, 20°N-2°S	<i>Terminalia amazonica</i> (J.F. Gmel.) Exell Nombre común: nargusta amarilla, cochún, olivero blanco Elevación: 700-1200 Precipitación: 100-400 Suelo: Pobre, arenoso o arcilloso pero no calizo Resistencia: Sinónimo: Uso: 1,5dap/40h/5-8g, F, C, T, tanino IMA: c Crecimiento: 4/3, 12/7 Plantación: B Fuente: de México al Brasil, 20°N-5°S	<i>Terminalia ivorensis</i> A. Chev. Nombre común: idigbo, framire, afara negra Elevación: 0-900 (0-400) Precipitación: 130-300 (0-2) Suelo: de libre drenaje, — tolera suelos arenosos, acidez y drenaje impedido Resistencia: W Sinónimo: Uso: 0,9dap/35-45h/4-6g, F, V, C, Pu, A IMA: 8-17 Crecimiento: 7/3, 19/10, 30/15 Plantación: Str, Stu, C Fuente: de Guinea a Camerún, 11°-4°N	<i>Trema micrantha</i> (L.) Blume Nombre común: guacimilla, capulín Elevación: Precipitación: Suelo: Toler a pobres suelos — especie pionera natural Resistencia: Sinónimo: Uso: 0,2dap/15h/4g, Pu, Po, Fu, R, A IMA: c Crecimiento: Plantación: Stu, Cu Fuente: de Florida, EE.UU. a la Argentina, 26°N-25°S
<i>Tamarix aphylla</i> (L.) Karst. Nombre común: tamarisco Elevación: 0-1400 (0-900) Precipitación: 20-50 (6-8) Suelo: Ligero, de libre drenaje — tolera alcalinidad y salinidad Resistencia: Fr (-10°C), Fi Sinónimo: <i>T. articulata</i> Vahl. Uso: 0,6dap/10-15h/6-8g, F, C, T, Fu, R IMA: 3-5 c Crecimiento: Plantación: C, Cu Fuente: de Arabia Saudita a Afganistán, 25°-40°N	<i>Terminalia arjuna</i> Wight & Arn. Nombre común: arjún, koha Elevación: 0-500 Precipitación: 75-190 Suelo: Barrancas de los ríos — tolera alcalinidad Resistencia: Fr (sensible) Sinónimo: <i>T. glabra</i> W. y A. Uso: 3dap, C, tanino IMA: 5 c Crecimiento: 3/3, 12/6 Plantación: Cu, u Fuente: la India Peninsular, 20°-12°N	<i>Terminalia myriocarpa</i> Henrek Nombre común: Hollock Elevación: 1600 Precipitación: 200-500 Suelo: Arenoso, neutral Resistencia: Sinónimo: Uso: 5dap, V, C IMA: 5-15 Crecimiento: 5/4, 26/25 Plantación: C Fuente: de Nepal a Myanmar, 27°-20°N	<i>Triplochiton scleroxylon</i> K. Schum. Nombre común: Obeche, wawa Elevación: 0-900 (0-400) Precipitación: 160-300 (0-2) Suelo: Profundo, de libre drenaje Resistencia: Sinónimo: Uso: 1,5dap/40-50h/4g, F, V, C, Pu IMA: 5-20 (5-10 t) Crecimiento: 4/2, 9/5 Plantación: Stu, C, Cu Fuente: de Sierra Leona a Zaire, 10°N-0°
<i>Tarrietia utilis</i> Sprague Nombre común: Niagon Elevación: 0-500 Precipitación: >180 (0) Suelo: Profundo, de libre drenaje — tolera el drenaje impedido Resistencia: Sinónimo: Uso: 0,9 dap/40h/5-6g F, C IMA: Crecimiento: 5/4, 21/20 Plantación: Str, u Fuente: Sierra Leona a Ghana, 10°-5°N.	<i>Terminalia catappa</i> L. Nombre común: almendro, sombrero de sol, almendra de Malabar Elevación: 0-300 Precipitación: 75-200 (0-2) Suelo: Profundo, arenoso — tolera suelos calcáreos, salinidad y acidez Resistencia: Fr Sinónimo: <i>T. procera</i> Roxb.	<i>Terminalia superba</i> Engl. & Diels Nombre común: afara blanca, limba Elevación: 0-900 (0-400) Precipitación: 130-190 (1-3W) Suelo: Profundo, de libre drenaje — tolera alcalinidad Resistencia: Sinónimo: Uso: 2,4dap/40-60h/4-7g, F, V, C, A IMA: 10-14c Crecimiento: 5/2, 9/3, 19/9 Plantación: Str, Stu, C, u Fuente: de Sierra Leona a Zaire, 10°N-6°S	<i>Tristania conferta</i> R. Br. Nombre común: Escobillo Elevación: 500-3500 (0-300) Precipitación: 90-160 (W) Suelo: Profundo, pesado, fértil — tolera suelos pobres y ligeros Resistencia: Fr (sensible) Sinónimo: Uso: 1,8dap/40h/7-9g, C, Po IMA: Crecimiento: 5/8, 17/10 Plantación: C Fuente: de Malasia a Filipinas, 15°N - 0°
	<i>Toona ciliata</i> M. J. Roem var. <i>australis</i> F.v.M. Nombre común: cedro índico, cedro birmanés Elevación: 0-1200 (0-700)		<i>Virola surinamensis</i> (Rol.) Warb. Nombre común: Baboen banak, dalli Elevación:

Datos sobre las Especies

Precipitación: >150

Suelo: Profundo, de libre drenaje —
tolera el pobre drenaje

Resistencia:

Sinónimo:

Uso: 1,5dap/45h/4-5g, F, V, C

IMA: 10-15

Crecimiento: 15/8, 18/10

Plantación: u

Fuente: de Guadalupe al Brasil,
16°N-2°S

Zizyphus mauritania Lam.

Nombre común: Jujube, aprín

Elevación: 0-1300 (0-800)

Precipitación: 30-50

Suelo: Arenoso — tolera la salinidad
moderada

Resistencia: Fr (-6°C)

Sinónimo: *Z. jujuba* Lam.

Uso: 0,3dap/10h/9g, Fu, Fo, A,
alimento

IMA: c

Crecimiento:

Plantación: S, rebrotes de raíz

Fuente: el Sur del Asia, 30°-25°N

Apéndice G

Especies Coníferas para los Trópicos

Este cuadro presenta los distintos géneros de especies coníferas (número de especies) que se encuentran en los trópicos.

Género	Trópico de tierra baja			Trópico montano			Especies nativas del neotrópico
	Bosque pluvial	Bosque muy húmedo	Bosque seco	Bosque pluvial	Bosque estacional	Bosque seco	
<i>Abies</i>	0	0	0	3	2	0	5
<i>Agathis</i>	14	1	1	8	1	0	0
<i>Araucaria</i>	2	1	0	9	1	0	1
<i>Callitris</i>	1	0	7	0	1	0	0
<i>Calotropis</i>	1	0	0	0	0	0	1
<i>Cephalotaxus</i>	0	0	0	0	5	0	0
<i>Chamaecyparis</i>	0	0	0	2	0	0	0
<i>Cunninghamia</i>	0	0	0	0	3	0	0
<i>Cupressus</i>	0	0	1	3	0	0	4
<i>Dacrydium</i>	1	0	0	5	0	1	0
<i>Juniperus</i>	0	1	0	0	3	1	5
<i>Libocedrus</i>	0	0	0	2	3	0	0
<i>Phyllocladus</i>	0	0	0	1	0	0	1
<i>Pinus</i>	2	2	0	4	15	2	25
<i>Podocarpus</i>	3	0	0	13	18	1	28
<i>Tsuga</i>	0	0	0	1	0	0	0
<i>Taxus</i>	0	0	0	1	0	0	1

Fuente: Weck 1963.

Apéndice H

Cronología de las Plantaciones Forestales Tropicales

Sur de Asia

Durante los siglos XVIII y XIX, el Imperio Británico dependía de la teca (*Tectona grandis*) para la construcción de sus navíos; por ello, muy rápidamente nació la preocupación por garantizar los suministros futuros de esa madera, e intentaron establecer plantaciones en la India (Laurie 1937). La teca empezó a escasear alrededor de 1830, época en que se intentó plantarla en sitios con 300 cm de precipitación anual. Fue entonces que se registró por primera vez la dificultad de inducir la germinación de las semillas. Después de 20 años de ensayos, un contador desarrolló una técnica, la cual se usó durante casi un siglo. Las primeras plantaciones se cosecharon a los 75 años de edad.

La mayoría de las plantaciones en la India se concentraban en zonas secas, donde la leña es un producto importante. En 1946 (Badhwar y Griffith 1946) apareció una lista anotada de especies de arbustos y árboles para las zonas secas y desérticas. La lista también incluye 33 especies para ayudar a ligar la arena, 54 para zonas áridas, 12 para plantaciones irrigadas y 28 para laderas de los canales.

Casuarina equisetifolia empezó a ser popular como árbol productor de leña en playas arenosas de la India hace más de un siglo (Kesarcodi 1951a, Sharma 1951). En 1950, se habían plantado 1400 ha con esta especie en Orissa y 440 ha en Bombay. *Eucalyptus*, introducido a la India dos siglos antes, desarrolló un híbrido conocido como "gomero de Mysore". Para 1978, esta y varias especies más se habían plantado en 340 000 ha (Lohani 1978).

En lo que hoy es Bangladesh, en 1873 se comenzó a plantar árboles; actividad que ha ido en aumento desde entonces (Rahman *et al.* 1982). En Chittagong sólo, donde las plantaciones comenzaron en 1921, para 1978 se habían plantado casi 17 300 ha. En el año 1982, 6500 ha tenían plantaciones de 30 años o más y 47 500 ha plantaciones de 15 años o más.

Cuando Paquistán todavía formaba parte de la India, se estableció en Changa Manga (Khan, M.I.R. 1961) una plantación extensiva irrigada de madera para leña, principalmente con *Dalbergia sissoo*. Ubicada en una región donde había gran escasez de leña, la plantación ha producido ingresos que se pueden comparar favorablemente con los de la agricultura irrigada. Para 1961, se habían plantado 50 000 ha de las 218 000 ha

Cuadro H-1.—Introducción de la teca (*Tectona grandis*) y plantación inicial en África

País	Años de introducción	Hectáreas plantadas hasta 1956
Nigeria	1889	450
Togo	1905	4,500
Dahomey, hoy Benin	1916	950
Costa de Marfil	1926	2,275
Senegal	1933	72
Guinea	1937	410

Fuente: Lanier 1959.

que se habían planeado, y en 1980, el área plantada alcanzaba 160 000 ha (Anón. 1981g).

África

La introducción de la teca en el África occidental marca el comienzo de los empeños de reforestación. El cuadro H-1 da un resumen del progreso alcanzado hasta 1956.

Los ensayos para establecer plantaciones bajo dosel en el África francófona comenzaron antes de 1940, y mostraron resultados prometedores con *Swietenia macrophylla* y *Terminalia superba* (Aubreville 1953). En 1954, se habían plantado bajo cubierta 3,6 millones de árboles en Costa de Marfil, principalmente *Tarrietia utilis* y varias Meliaceae (Mensbruge 1962). En Nigeria, el énfasis se dio en el establecimiento de plantaciones de teca usando el sistema taungya. Para 1955, se habían establecido 480 ha de teca (Ross y Moss 1957), y se introdujeron y comprobaron diecisiete otras especies exóticas. En Uganda, se establecieron en las praderas casi 10 000 ha de plantaciones, cuyo fin era la materia prima para construcción, fabricación de cajas y postes y leña (Anón. 1957c).

En Nigeria, a principios de los 1960 se abandonó la práctica de dosel protector y se iniciaron las prácticas agroforestales, pero quedaron 150 000 ha de pinos plantados y eucaliptos en las reservas de las sabanas (Lowe 1984). En total, la zona plantada en Nigeria en 1990 era de 216 000 ha (Anón. 1993a).

En Sudáfrica, 15 años de pruebas con especies nativas comenzaron en 1912, e incluyeron plantaciones a gran escala de *Juniperus procera* (Pudden 1957b). El

crecimiento fue lento, por lo que se sustituyó con especies exóticas. En 1955, se habían establecido 18 000 ha con tres especies de *Cupressus*, 4400 ha con *Pinus patula* y 3500 ha con *P. radiata*. También bajo prueba se encontraban otras 22 especies de pino, 6 de *Araucaria*, 3 de *Callitris*, otras 12 especies coníferas, 70 especies de *Eucalyptus* y otras 80 especies de latifoliadas.

En el África francófona, para 1960 se habían iniciado plantaciones en todas las colonias. Las plantaciones para la conservación del suelo en el Camerún francés usaban *Albizia lebbek*, *D. sissoo*, *Khaya senegalensis* y *Senna siamea* (Guiscafre 1961).

En las zonas arenosas del litoral de lo que hoy es Benin, se habían plantado más de 700 ha de *Casuarina* para postes y leña. Además, mediante el sistema taungya se habían plantado 3500 ha de teca (Buffe 1961b). En Togo, se habían plantado 3400 ha de teca y 400 ha de *Anacardium occidentale* (Sarlin 1961). En lo que hoy es Burkina Faso, se habían plantado *Azadirachta indica*, *S. siamea* y *Tectona grandis* en 850 ha de sabana (Mulard 1961). La teca también se plantó en 3500 ha, usando el sistema taungya (Buffe 1961b). En Chad, se establecieron 400 ha de plantaciones para leña con las mismas especies de Camerún (Goudet 1961).

En 1963, las plantaciones de eucaliptos al sur del Sahara se efectuaba a una razón de 13 700 ha por año (Begue 1963): 9000 ha en Sudáfrica, 1800 ha en lo que hoy es Zimbabwe, 1200 ha en Mozambique, 600 ha en Angola, 400 ha en Uganda, y áreas menores en otros seis territorios. Para 1990, el área total plantada alcanzaba 1057 millones ha (Anón. 1993a).

Entre 1949 y 1965, el Ferrocarril de Benguela en Angola había plantado 94 millones de árboles de eucalipto, principalmente *E. rostrata* y *E. saligna*, todos para la producción de madera para leña (Sampaio y Carita Frade 1965).

En general, después de la Segunda Guerra Mundial en la región se inició una oleada de plantaciones industriales (Lanly 1982). Entre 1960 y 1980, se establecieron 1,35 millones ha de plantaciones industriales, casi todas por gobiernos nacionales. Para 1980, el total de plantaciones en 37 países africanos era de 1,78 millones ha, de las cuales el 31% era coníferas y 36% de especies de latifoliadas de crecimiento rápido. Ya en 1990, el total había alcanzado 3 millones ha y la tasa de

establecimiento de plantaciones era 129 500 ha/año, en el período 1980-90 (Anón. 1993a).

Sudeste asiático y Pacífico

En la Península de Malasia, se comenzó a ensayar con plantaciones de árboles en 1927, pero pronto se desecharon debido a la buena regeneración natural en la mayoría de las zonas (Watson 1935). No obstante, en 1990 se habían plantado 116 000 ha, con una tasa anual de establecimiento de 9000 ha (Anón. 1993a).

En Java, se iniciaron plantaciones de teca en la década de 1880, y ya para 1940 habían casi 850 000 ha (Sieverts 1958). Las plantaciones producían en abundancia madera barata para muebles, astilleros, ferrocarriles y aún leña. La producción total era comerciable. En 1975, se habían plantado 1193 millones ha en Indonesia, 430 000 ha en Filipinas y 394 000 ha en Taiwán (Skoupy 1976). En Filipinas, la tasa del plantación en 1975 era de 18 000 ha/año, pero en 1990 habían 290 000 ha y la tasa de plantación era nula. El área total plantada en Indonesia en 1990 era de 8,75 millones ha, con una tasa anual de plantación de 474 000 ha (Anón. 1993a).

Inquietudes recientes sobre las fuentes de energía eléctrica han llevado a que se iniciara un programa de energía a base de leña en Filipinas. En 1985, este programa operó cuatro plantas de generación eléctrica, pero se esperaba tener cinco más ese año. Cada una requiere casi 90 000 m³ de madera apilada por año (Durst 1985). Más de 8000 ha se han plantado, principalmente con *Leucaena*. Los campesinos cultivan los árboles para la venta. El rendimiento promedio es de casi 50 m³/ha/año, pero la madera producida por la plantación no satisface la demanda y se están plantando ensayos de otras especies.

En Queensland, Australia, en 1937 se habían establecido 15 000 ha de *Araucaria cunninghamii* y 12 000 ha de pinos exóticos, principalmente *P. elliotii* (Greening 1957). Para 1967, se habían plantado 25 000 ha con *A. cunninghamii* y 25 000 con pinos exóticos (Hawkins y Muir 1968).

En Fidji, para 1967 se habían plantado más de 10 000 ha con *S. macrophylla* (Busby 1967). Entre 1908 y 1960, se habían introducido casi 1100 especies de árboles en las Islas de Hawai, y se habían plantado hasta 10 000 árboles de algunas de estas especies (Nelson 1965).

Dos países, India e Indonesia, pueden jactarse de tener dentro de sus confines el 93% de todas las plantaciones de Asia tropical y el Pacífico (Lanly 1982). El área total plantada en 16 países en 1980 fue de 5111 millones ha, de las cuales el 16% era de coníferas y 45% de especies de latifoliadas de crecimiento rápido. De 1975 a 1980, se plantaron 23,1 millones ha. La tasa de establecimiento era casi un cuarto de la tasa de deforestación.

América Tropical

A principios de siglo se iniciaron ensayos con 83 especies madereras brasileñas. Se demostró que la mayoría crecen más despacio que los eucaliptos introducidos mucho tiempo antes; por consiguiente, en 1906, se ensayaba con 72 especies de eucaliptos en el Brasil (Navarro de Andrade 1941). Las plantaciones progresaron rápidamente en el estado de Sao Paulo, con el nombramiento de Edmundo Navarro de Andrade como director de plantaciones forestales de la Companhia Paulista de Estradas de Ferro en Jundiai (Navarro de Andrade 1939). Para 1913, se habían introducido otras 120 especies de eucaliptos. A la muerte de Navarro, en el año 1941, casi 100 millones de árboles de 75 distintas especies estaban creciendo en 17 plantaciones a lo largo del ferrocarril, a pesar de una vigorosa condena pública de los eucaliptos, por su alegado efecto nocivo sobre el suelo.

La Companhia Siderurgica Belgo Mineira del Brasil había plantado 3,8 millones de *Eucalyptus* en 1951, con el fin de obtener carbón para la producción de acero (Anón. 1951b). En 1970, el valor de la producción de carbón era poco menor que la del arroz y maíz, y mucho mayor que la del café y azúcar (Ayling y Martins 1981). En 1966, las plantaciones de *Eucalyptus* sólo en el Estado de Sao Paulo abarcaban 450 000 ha, y 580 000 ha en 1972 (Víctor *et al.* 1972). En 1970, la industria del papel en el estado de Sao Paulo consumía la producción de 90 000 ha de plantaciones (Golfari 1970b). En el estado de Paraná para 1976, también se habían plantado 40 000 ha de *Eucalyptus* (Stohr y de Hoogh 1980).

En el año 1983, la tasa de reforestación anual en Brasil había alcanzado casi 350 000 ha, y la zona total plantada alcanzaba casi 4,5 millones ha (Nock 1982); la mayor parte, en manos de empresas privadas. La meta total era 8 millones ha, a razón de 600 000 ha anuales.

Una gran empresa brasileña se dedica a la plantación de *Eucalyptus* en Aracruz, estado de Espírito Santo

(Carbonnier y Lanner 1979). El proyecto comenzó en 1967 con 75 000 ha, en respuesta a los incentivos fiscales ofrecidos. Se enviaron peritos a adquirir semillas en Australia, Papúa Nueva Guinea, Timor y Sudáfrica. Se establecieron viveros de *E. grandis* y *E. urophylla*, seguido por propagación vegetativa. Las plantaciones se dispusieron antes de construir las instalaciones de procesamiento. El rendimiento promedio con una rotación de siete años fue de 36 m³/ha/año, para un total de 1,64 millones de m³/año. En 1978, Aracruz inauguró la operación más grande a nivel mundial de blanqueo de pulpa en línea, con una capacidad anual de 460 000 toneladas. En 1979, se habían plantado 59 000 ha, con 1044 procedencias de 37 especies; principalmente jacarandá (*Dalbergia nigra*) y paubrasil (*Guilandina echinata*) (Kalish 1979a). Para 1985, la base genética incluía 54 especies, 1254 procedencias y 5000 clones escogidos en las plantaciones establecidas (Anón. 1985a).

La fuerte oposición al *Eucalyptus*, al que se atribuía ser causante de desertificación y de cambios climáticos, ha sido eficazmente rebatida por Golfari (1975a). No obstante, se prefirieron los pinos debido a que su madera es más versátil, particularmente en la producción de celulosa. Una especie nativa conífera, *A. angustifolia*, una vez cubrió el 3% de la superficie terrestre del Brasil, pero su regeneración ha resultado compleja y su crecimiento más lento que el de los pinos exóticos (Krug 1968). Para 1970, casi el 90% de los bosques nativos de *A. angustifolia* habían sido explotados y no se estaban regenerando (Stohr y de Hoogh 1980).

En 1948, el Instituto Nacional do Pinho del Brasil comenzó proyectos de reforestación con pinos; así, se plantaron 3500 ha en Sao Paulo, 990 ha en Paraná, 680 en Santa Catarina, 650 en Río Grande do Sul y 80 en Minas Gerais (Anón. 1949b). El ensayo comenzó con *P. radiata*, pero fracasó (Krug 1968). Para 1964, se habían plantado 106 millones de árboles de *P. elliotii*; casi la mitad en manos de propietarios privados (Krug 1968). En 1968, se había ensayado con muchas otras gimnospermas que resultaron prometedoras; entre ellas *Agathis*, *Cunninghamia*, *Cupressus*, *P. caribaea*, *P. kesiya*, *P. merkusii*, *P. oocarpa* y *Podocarpus*. La tasa anual de establecimiento de plantaciones excedía 200 millones de árboles.

Ya en 1972, las plantaciones de especies coníferas en Sao Paulo abarcaban 176 000 ha (Víctor *et al.* 1972). De estas, 30 000 ha eran de *Pinus caribaea*, *P. oocarpa* y *P. patula*; el resto de *A. angustifolia*, *P. elliotii* y *P. taeda*

(Golfari 1972). Una gran zona, desde Paraná al Amazonas, probó ser adecuada para *P. caribaea*.

Los incentivos promulgados en 1966 para favorecer la reforestación en Brasil permitieron reducir hasta en un 50% el impuesto sobre los ingresos (esta rebaja impositiva se redujo al 25% en 1972). Este incentivo dio raíz a plantaciones de 38 000 ha en el primer año (1967), 2908 millones ha después de diez años (1977) y 5189 millones ha para 1983 (Romero Pastor 1983). De 1960 a 1970, la producción anual de madera para pulpa en Brasil aumentó de 300 000 a 800 000 toneladas, mientras que la producción anual de papel aumentó de 470 000 a 1,08 millones de toneladas.

En el estado brasileño de Paraná, hasta 1976 se habían establecido 295 000 ha de *P. elliottii* y *P. taeda* y 46 000 ha de *Araucaria angustifolia* (Stohr y de Hoogh 1980). Olinkraft, una empresa exitosa en el establecimiento de plantaciones de pinos en el sur de Brasil, producía en 1980, papel kraft para el mercado nacional mediante una plantación de *P. elliottii* de 400 000 ha (Blackman 1980).

En 1968, la adquisición de 15 000 km² a lo largo del Río Jari en Amapá dio nacimiento a la empresa forestal más grande del Brasil (Anón. 1979c). En 1979, se habían plantado casi 90 000 ha con *Gmelina arborea* y *P. caribaea*, y se estaban produciendo 260 000 t/año de pulpa kraft. Se habían construido casi 3000 km de caminos en las plantaciones y se daba empleo a 10 000 trabajadores en Monte Dourado. Como fuente de energía para el tratamiento de la madera y para las comunidades aisladas se han usado los residuos de madera de 4000 ha de bosque virgen (Kalish 1979b). Este proyecto ahora usa sólo un híbrido de eucalipto.

El estudio de las especies arbóreas nativas del Brasil no se ha abandonado. Datos silvícolas sobre 64 especies nativas de Sao Paulo se pueden encontrar en el manual de Nogueira (1977). También se han desarrollado estándares para la selección de árboles sobresalientes para la reproducción (Pires 1979). Un análisis excelente de los sitios de plantación en el noreste del Brasil se completó usando los estudios sobre balance del agua de Thornthwaite (Golfari y Caser 1977). Además, se están haciendo ensayos de plantación bajo dosel con especies nativas como exóticas en el Valle del Amazonas (Carvalho Filho y Marques 1979).

De 1965 a 1980, Brasil plantó una cantidad suficiente de árboles — casi 4 millones ha — para abastecer casi el 60% de sus necesidades nacionales de madera industrial (Spears 1983). Dentro de un tiempo previsible, podría cubrir su demanda de madera industrial por medio de plantaciones cercanas a los centros de población en la mitad sur y este del país. Menos del 10% de la producción actual proviene de la región del Amazonas. La expansión de las plantaciones del Brasil ya ha aliviado la presión sobre los bosques naturales y aumentado las expectativas para que se dejen a un lado grandes extensiones de bosques naturales como reservas naturales, parques y cuencas de captación. En 1983, 35 proyectos de reforestación del Banco Mundial, que abarcaban un millón ha arrojaban una tasa de retorno de más del 10%, con máximos de hasta 25 y 30% (Spears 1983).

Un punto de referencia en el desarrollo del sistema forestal en Trinidad fue la introducción de la teca de lo que hoy es Myanmar en 1913 (Brooks 1938). La teca originalmente se cultivaba para leña para las calderas de los ingenios azucareros y para quemar arcilla usada para asfaltar los caminos, entre otros usos. Sólo se plantaron 40 ha en los siguientes diez años, pero en 1956, las plantaciones abarcaban 4100 ha (Ross 1959) y 9700 ha en 1979. *P. caribaea* fue introducido en 1952.

Entre 1904 y 1924, se establecieron plantaciones en Zanderij, Surinam (Swabey 1950), con una extensión de 1800 ha. Las especies plantadas incluían las siguientes: *Eperua falcata*, *Hymenaea courbaril*, *Goupia glabra*, *Manilkara bidentata*, *Mora excelsa*, *Vochysia spp.* y muchas otras más. En 1947, estas plantaciones, abandonadas desde mucho tiempo antes, fueron parcialmente restauradas, a la vez que se empezaba un programa de plantación más extenso, con especies nativas y exóticas (Schulz y Rodríguez 1966).

Las plantaciones de *Eucalyptus globulus* en los Andes Peruanos producían más de la mitad de la madera consumida en el país, en 1947 (Moulds 1947).

En Centroamérica, la United Fruit Company empezó a establecer plantaciones de teca en 1927, cerca de Lancetilla, Honduras (Chable 1967). Para 1953, el área total plantada abarcaba 4250 ha.

En Cuba, las plantaciones forestales abarcaban 1900 ha entre 1940 y 1959, principalmente en la provincia de Pinar del Río (Gómez Ricano 1966). Entre 1960 y 1964, se plantaron 60 000 ha más, casi la mitad en Pinar del Río. El 40% de los árboles eran eucaliptos y 12% pinos.

En las Antillas francesas, la introducción de *S. macrophylla* llevó a un programa activo de plantación que comenzó en 1924 (Chapuis 1955). En 1955, habían 12 000 ha de plantaciones en Martinica, de las cuales 5000 ha eran productivas. La plantación bajo dosel se ha efectuado extensamente en Guadalupe.

En Puerto Rico, se empezó a plantar árboles para madera en 1922; desde entonces, se han producido más de 80

millones de árboles. Las plantaciones actuales cubren una extensión de casi 6000 ha.

En Venezuela, mediante un esfuerzo gubernamental se estableció *P. caribaea* a gran escala en 1968 en la cuenca inferior del Valle del Orinoco. Hasta 1976, se habían plantado más de 50 000 ha de sabana (Lama Gutiérrez 1976).

En 1979, Keogh preparó una lista de las zonas dedicadas a plantaciones de teca en el neotrópico. Su lista incluía 9700 ha en Trinidad, 800 ha en Puerto Rico, 560 ha en Colombia; 560 ha en Venezuela, 300 ha en Costa Rica, 230 ha en El Salvador, 200 ha en Cuba, 60 ha en Nicaragua y 30 ha en Belice, para un total de 12 440 ha.

Apéndice I

Ejemplos de Selección de la Rotación

En Trinidad se desarrollaron cuadros provisionales de rendimiento para la teca (*Tectona grandis*) con base en 80 parcelas de dos sitios, con una altura promedio de 26 y 23 m, a la edad de 50 años (Miller 1969b). El incremento medio anual (IMA) decreció con la edad (Cuadro I-1). *Pinus caribaea hondurensis* en Trinidad ilustra bien las tendencias y el incremento medio anual (IMA en el Cuadro I-2; Miller 1969a), el cual aumenta continuamente hasta los 24 o 25 años de edad.

En Java se documentó la tendencia del IMA de *P. merkusii* después de los 20 años de edad (Alphen de Veer 1954). Entre los 20 y 30 años en buenos sitios, el IMA se redujo de 30 a 27 m³/ha/año. En sitios mediocres, el IMA sigue teniendo un pequeño aumento de 20 a 21 m³/ha/año, y en sitios pobres, el aumento es más rápido, de 10 a 16 m³/ha/año. La implicación es que en los sitios buenos, el crecimiento no es sólo mayor, sino que también culmina más temprano que en los sitios pobres.

Las tendencias del rendimiento de *Araucaria angustifolia* se han clarificado mediante el desarrollo de cuadros de rendimiento basados en numerosas plantaciones del Brasil (Heinsdijk 1972). El efecto de la edad sobre el volumen de plantaciones de 1000 árboles por hectárea se muestran en el Cuadro I-3. El IMA ocurre en el año 20, cualquiera que sea el sitio. Sin embargo, las cifras

Cuadro I-1.—Relación de la edad con el crecimiento e incremento medio anual (MAI) de teca (*Tectona grandis*) en Trinidad

Edad (años)	No. árboles/ha	Dap promedio (cm)	Altura promedio (m)	MAI (m ³ /ha/año)
Sitio I				
10	370	21	18	14
20	160	34	22	12
30	100	43	24	11
40	80	51	25	10
Sitio II				
10	480	18	15	10
20	240	27	18	9
30	160	35	21	8
40	120	41	22	7

Fuente: Miller 1969b.

Cuadro I-2.—Incremento medio anual (MAI) de *Pinus caribaea hondurensis* en Trinidad, en función de la edad y calidad del sitio

Edad (años)	No. árboles/ha	Dap promedio (cm)	Altura promedio (m)	MAI (m ³ /ha/año)
Sitio I				
0	1,330			
10	490	23	18	14
15	370	31	23	17
20	300	37	26	19
25	230	44	28	20
Sitio II				
0	1,330			
12	540	23	17	12
18	410	29	21	14
24	320	33	25	16

Fuente: Miller 1969a.

máximas se alcanzan en los sitios buenos y son relativamente más bajas en los sitios pobres. Es interesante notar, que los datos brasileños indican que el IMA culmina aproximadamente a la misma edad para plantaciones ubicadas en buenos sitios, con 600 árboles (14,6 m³) o 1600 árboles por hectárea (928,6 m³).

El potencial de producción maderera de *A. angustifolia* se derivó de plantaciones donde la cantidad de árboles variaba de 3150 por ha a la edad de 8 años, a 730 por

Cuadro I-3.—Tendencias de la edad/volumen (m³/ha/año) en plantaciones de *Araucaria angustifolia* de 1000 árboles por hectárea en Brasil

Edad (años)	Índice del sitio ^a		
	18–22	14–18	10–14
10	14.1	4.9	3.3
15	19.3	9.4	4.5
20	20.7	10.0	4.8
25	20.5	10.0	4.8
30	19.7	9.6	4.6
35	18.7	9.1	4.4

Fuente: Heinsdijk 1972.

^aAltura del árbol en metros a los 25 años de edad.

Cuadro I-4.—Potencial de producción de madera de *Araucaria angustifolia* en Brasil

Edad (año)	No. árboles/ha	Dap promedio (cm)	Producción anual media/ha	
			Madera para pulpa (estéreos ^a)	Madera de aserrío (m ³)
8	3,150	8	10.3	0
11	1,880	11	13.5	0
14	1,400	15	14.7	0
17	1,160	17	14.9	0
20	1,010	19	14.6	0
23	920	20	6.5	5.7
27	830	22	6.0	5.5
31	770	23	5.6	5.3
35	730	24	5.2	5.0

Fuente: Heinsdijk 1972.

^aUn estéreo equivale a un metro cúbico de madera apilada.

ha a los 35 años para el sitio 3 (altura del árbol a los 25 años: 10-14 m. El Cuadro I-4 (Heinsdijk 1972) indica que la producción anual máxima debería obtenerse con una rotación de casi 17 años para madera para pulpa y de casi 23 años para madera de aserrío. Sin embargo, si se desean diámetros más grandes, una rotación más larga aparentemente no significaría una gran mengua en el rendimiento.

Se derivaron cuadros de rendimiento similares para *Cunninghamia lanceolata* en Brasil (Heinsdijk 1972). Las relaciones de edad y volumen para plantaciones de 1000 árboles por ha aparecen en el Cuadro I-5. Otra

Cuadro I-5.—Tendencias de edad/rendimiento (m³/ha/año) en plantaciones de *Cunninghamia lanceolata* de 1000 árboles por hectárea en Brasil

Edad (años)	Índice del sitio ^a		
	22–26	18–22	14–18
10	20.6	14.9	9.0
15	22.9	16.6	10.0
20	22.2	16.1	9.7
25	20.7	15.0	9.0
30	19.1	13.9	8.3
35	17.6	12.8	7.7

Fuente: Heinsdijk 1972.

^aAltura del árbol a la edad de 25 años.

vez, el IMA máximo ocurre aproximadamente a la misma edad, cualquiera que sea la calidad del sitio. Plantaciones de 1600 árboles por hectárea en los mejores sitios también culminan a los 15 años (30,1 m³). La declinación de los promedios de rotaciones más largas parece pequeña, pero el crecimiento anual actual entre los 15 y 20 años arroja un promedio de casi un 15% por debajo del promedio alcanzado hasta ese período.

El potencial productivo de *C. lanceolata*, con base en las densidades actuales de plantación, se demuestra para índices del sitio de 10 a 14 en el Cuadro I-6 (Heinsdijk 1972). Los rendimientos de *C. lanceolata* son mayores que los de *A. angustifolia* (Cuadro I-4), debido a que *C. lanceolata* tolera una mayor densidad de árboles, por lo que a la edad de la madurez se encuentran presentes más del doble de los árboles.

También se prepararon cuadros de rendimientos para *Cryptomeria japonica* en Brasil (Heinsdijk 1972). Las tendencias de la edad y del volumen para una plantación de 1000 árboles por ha se dan en forma resumida en el Cuadro I-7. Como en el caso de *Cunninghamia lanceolata*, el crecimiento medio del volumen anual de *Cryptomeria japonica* puede culminar a los 15 años aproximadamente, o aún más temprano. En plantaciones ubicadas en los mejores sitios con 1600 árboles por ha, el crecimiento también culmina a una edad aproximada de 15 años (25,7 m³).

Cuadro I-6.—Potencial de producción de madera de *Cunninghamia lanceolata* en Brasil

Edad (año)	No. árboles/ha	Dap promedio (cm)	Producción anual media/ha	
			Madera para pulpa (estéreos ^a)	Madera de aserrío (m ³)
8	2,430	11	15.1	0
11	2,160	14	18.3	0
14	2,020	15	19.1	0
17	1,930	17	18.9	0
20	1,870	17	18.3	0
23	1,830	18	6.6	8.1
27	1,790	18	6.1	7.6
31	1,760	19	5.6	7.1
35	1,740	19	5.2	6.7

Fuente: Heinsdijk 1972.

^aUn estéreo equivale a 1 metro cúbico de madera apilada.

El potencial de producción de madera de las plantaciones de *C. japonica*, con índices de 10 a 14 para cada edad para la cantidad de árboles encontrados actualmente en el sitio, se muestra en el Cuadro I-8 (Heinsdijk 1972). Es muy notable la gran semejanza entre *C. japonica* en el Cuadro I-8, y *Cunninghamia lanceolata* en el Cuadro I-6. Una decisión racional para la rotación de cada especie dependería de los datos de rendimiento, así como de información económica sobre tamaño del árbol y costos de establecimiento.

Los cuadros de rendimientos para *Cupressus lusitanica* se han preparado a partir de plantaciones en Piedras Blancas, Colombia (Falla 1968). El resumen del Cuadro I-9 sugiere una rotación de casi 20 años para un

volumen máximo de madera utilizable por unidad de tiempo.

Datos semejantes se han desarrollado para *Eucalyptus*. Los datos de rendimiento de *E. saligna* en el Transvaal, Sudáfrica, (diámetro sin corteza hasta un límite de 7,6 cm) aparecen en el Cuadro I-10 (Kotze 1961). Estos datos sugieren que la rotación para madera de pulpa debería ser de más de diez años, a menos que, entonces, los árboles excedieran el diámetro máximo para las astilladoras.

Un registro de una plantación excepcionalmente vieja de *E. globulus* en los Cerros Nilgiris de la India demuestra la capacidad de los árboles viejos de mantener un crecimiento sostenido (Borota 1965). Los datos del Cuadro I-11 se basan en una parcela de 1,26 ha que a la edad de 91 años, tenía 58 árboles por ha, un área basal de 52 m²/ha y un volumen de 992 m³/ha. Entre los 91 y 99 años, el crecimiento anual del área basal todavía era tan rápido como en el pasado, y el crecimiento en volumen era de 26 m³/ha. A los 99 años, diez árboles escogidos al azar tenían una altura promedio de 72,1 m.

Estudios de nueve especies de *Eucalyptus* en Brasil, con espaciamientos de 2,5 m x 2,5 m demostraron que la producción de madera para leña culmina temprano (Cuadro I-12). Los estudios de rendimiento de *Eucalyptus* más recientes en Brasil establecieron las expectativas de crecimiento en relación con la edad en detalle

Cuadro I-7.—Tendencias de la edad/volumen de plantaciones de *Cryptomeria japonica* (m³/ha/yr) con 1000 árboles por hectárea en Brasil

Edad (años)	Índice del sitio ^a			
	22–26	18–22	14–18	10–14
15	19.7	13.8	9.1	5.3
20	19.1	13.4	8.8	5.0
25	17.8	12.5	8.2	4.8
30	16.4	11.5	7.6	4.4
35	15.2	10.7	7.0	4.1

Fuente: Heinsdijk 1972.

^aAltura promedio del árbol en metros a la edad de 25 años.

Cuadro I-8.—Potencial de producción de madera de *Cryptomeria japonica* en Brasil

Edad (año)	No. árboles/ha	Dap promedio (cm)	Producción anual media/ha	
			Madera para pulpa (estéreos ^a)	Madera de aserrío (m ³)
8	2,680	9	14.6	0
11	2,290	12	17.5	0
14	2,090	13	18.1	0
17	1,960	15	17.8	0
20	1,890	16	17.1	0
23	1,830	17	6.5	7.4
27	1,780	17	6.0	6.9
31	1,740	18	5.6	6.4
35	1,710	18	5.2	6.0

Fuente: Heinsdijk 1972.

^aUn estéreo equivale a 1 metro cúbico de madera apilada.

Cuadro I-9.—Relación edad/incremento para *Cupressus lusitanica* en Colombia

Edad (años)	No. árboles/ha	Dap promedio (cm)	Volumen (m ³ /ha)	Incremento medio anual (m ³ /ha/año)
10	3,350	9.3	119	11.9
20	1,415	22.3	401	20.1
30	610	36.3	496	16.5

Fuente: Falla 1968.

Cuadro I-10.—Tendencias de edad/incremento (m³/ha) para *Eucalyptus saligna* en el Transvaal, Sudáfrica

Edad (años)	Incremento medio anual	Incremento del año próximo
2	12	40
4	27	90
6	53	120
8	71	120
10	81	

Fuente: Kotze 1961.

Cuadro I-11.—Crecimiento basimétrico del *Eucalyptus globulus* en la India

Dap promedio (cm) en 1954 a los 91 años	No. árboles/ha	Crecimiento basimétrico anual (cm ²)	
		Promedio 1863-1954 (0 a 91 años)	Periódico 1954-1962 (91 a 99)
70-94	17.5	61	65
94-117	27.0	94	86
117-144	10.3	146	166
144-180	3.2	216	305
Totales/promedios	58.0	100	106

Fuente: Borota 1965.

Cuadro I-12.—Producción de leña de *Eucalyptus* en Brasil

Edad (años)	Crecimiento (m³/ha/año)	
	Promedio	Periódico
6	26.8	41
8	30.4	
10	26.0	8
12	23.0	8
15	19.8	10

Fuente: Guimaraes 1957.

(Cuadro I-13, Heinsdijk 1972). El IMA en todos los sitios culmina a los 12 años de edad. Esto se aplica también en plantaciones con 1800 árboles por hectárea con un índice del sitio de 20 a 24 (48,2 m³).

Un estudio del crecimiento de *E. deglupta* en Papúa Nueva Guinea sugiere los posibles plazos de rotación (Davidson 1968). Árboles con espaciamientos de 4,6 m x 4,6 m crecieron hasta alcanzar un dap promedio de 54 cm y una altura promedio de 44 m a la edad de 15 años (Cuadro I-14). A partir de estos datos, se predice que a

Cuadro I-13.—Tendencias de edad/volumen en plantaciones de *Eucalyptus* de 1000 árboles por hectárea en Brasil

Edad (años)	Incremento medio anual del volumen por índice del sitio ^a (m³/ha/año)			
	24–28	20–24	16–20	12–16
4	26.0	17.8	11.8	7.2
6	43.7	29.7	19.7	12.2
8	52.0	35.4	23.4	14.5
10	54.8	37.4	24.7	15.3
12	55.0	37.5	24.8	15.4
14	53.8	36.7	24.2	15.1
16	52.0	35.4	23.4	14.6
18	49.9	32.6	21.6	13.4
20	47.8	32.6	21.5	13.4

^aAltura promedio de los árboles en metros a la edad de 8 años.

Cuadro I-14.—Relaciones de edad/incremento para *Eucalyptus deglupta* en Papúa Nueva Guinea

Edad (años)	Dap promedio (cm)	Altura promedio (m)	
		Total	Fuste limpio
5	22	24	14
10	39	37	23
15	54	44	30

Fuente: Davidson 1968.

los 40 años existirían 49 árboles por hectárea con un dap promedio de 84 cm.

El uso de regresiones múltiples para predecir los volúmenes y el crecimiento ha aumentado enormemente con el procesamiento electrónico de datos. Como ejemplo demostramos la siguiente regresión derivada para los *Eucalyptus* de la India (Chaturvedi 1973, 1976), donde r es el coeficiente de correlación; d es el diámetro y ba el área basal.

1. volumen del árbol sin corteza en metros cúbicos = $0,0201 d^2$ (en centímetros) x altura máxima (en metros) - $0,0015$ ($r = 0,99$).
2. volumen de la plantación (sin corteza hasta 5 cm de diámetro) en metros cúbicos = $0,2869 \times (ba[\text{en m}^2/\text{ha}] \times \text{altura máxima} [\text{en metros}] - 2,5101$ ($r = 0,98$).
3. $\log_{10}$ del incremento medio anual (en m³/ha/año) = $0,628 \log_{10} ba$ (en m²/ha) + $2,467 \log_{10}$ altura máxima (en metros) - $0,997 \log_{10}$ edad (en años) - $4,580$ ($r = 0,97$).

Cuadro I-15.—Relaciones de edad/incremento para *Gmelina arborea* en Filipinas

Edad (años)	Altura total (m)	Incremento medio anual		
		Dap (cm)	Área basal (m²/ha)	Volumen (m³/ha)
4	2.4	2.5	5.0	21.5
6	2.0	2.2	5.7	29.2
8	1.6	1.9	5.6	34.2

Fuente: Nanagas y Serna 1970.

Cuadro I-16.—Relaciones edad/incrementos para *Anthocephalus chinensis* en la India

Edad (años)	No. árboles/ha	Dap promedio ^a (cm)	Área basal (m ² /ha)	IMA ^b (m ³ /ha)
5	551	16.7	7.2	8.1
10	464	23.7	13.4	13.4
15	355	28.5	15.8	13.6
20	279	31.8	16.6	12.7
25	228	34.0	16.9	10.8

Fuente: Singh 1981.

^aPromedio de los 125 árboles con mayores diámetros por hectárea.

^bIncluyendo madera de ramas y de raleos.

Cuadro I-17.—Relaciones edad/incremento de *Casuarina equisetifolia* en la India

Edad (años)	Dap promedio (cm)	Altura promedio (m)	IMA de volumen sin corteza ^a (m ³ /ha)
2	4.3	5.8	
4	8.1	10.7	3.1
6	10.3	14.8	13.3
8	11.2	17.0	16.9
10	12.0	18.4	17.5
12	12.7	19.8	17.5

Fuente: Ray 1971.

^aCon un espaciamiento de 2m x 2m, sin ralear.

Los datos de crecimiento en volumen de *Gmelina arborea* de Cebú, Filipinas, a partir de una parcela de 0,2 ha sin ralear, plantada a espaciamientos de 2 m x 2 m con una precipitación anual de 220 cm aparecen en el Cuadro I-15 (Nanagas y Serna 1970). Sugieren que, bajo estas condiciones, el IMA en área basal y volumen arrojan buenos resultados hasta la edad de 8 años. La práctica inicial con *G. arborea* en Monte Dourado, Brasil era una corta para obtener madera para pulpa entre los 6 y 7 años, y otra a los 10 años para madera de aserrar (Anón. 1979e).

Los cuadros de rendimientos de *Anthocephalus chinensis* en Bengala Occidental, India, indican el efecto que el plazo de la rotación tendría sobre el diámetro del árbol y el IMA en los mejores sitios (Cuadro I-16; Singh 1981).

Cuadro I-18.—Relación edad/volumen para *Pinus elliottii* en Argentina

Edad (años)	Dap promedio (cm)	Altura promedio (m)	Volumen del fuste por árbol (m ³)
5	10.6	5.5	0.02
10	17.2	14.3	0.20
15	26.1	20.0	0.64
19	30.0	23.0	0.98

Fuente: Molino 1972.

Se ha proyectado el crecimiento de *Casuarina equisetifolia* en las colinas arenosas a lo largo de la Bahía de Bengala en la India, en términos de volumen y peso verde, suponiendo una ausencia de mortalidad (Cuadro I-17; Ray 1971). Los rendimientos reales fueron más bajos de los predecidos en el cuadro debido a la mortalidad. Los registros indican un rendimiento de 9,2 m³/ha/año a los 12 años, de los que 8,3 m³ consistían de madera de fuste cuyo diámetro en el extremo inferior era de 20 cm o más. En el 15avo año, el IMA se había reducido a 4,2 m³.

La influencia de la edad sobre el volumen de madera utilizable por árbol, y por lo tanto sobre el costo de manejar los volúmenes de madera prescritos se ilustra con la información de una plantación de *P. elliottii* en Misiones, Argentina (Cuadro I-18; Molino 1972).

Apéndice J

Resultados de Algunos Raleos Seleccionados

Las plantaciones de *Tectona grandis* en Puerto Rico reaccionaron al raleo con un crecimiento mucho más grande del que hubiera sido posible con la aplicación de fertilizantes (Briscoe e Ybarra-Coronado 1972). La aplicación de nitrógeno (N), calcio (Ca) y magnesio (Mg) a plantaciones de 3 a 16 años no tuvo ningún efecto significativo en el crecimiento en altura o diámetro de los árboles. Aunque se atribuyeron aumentos menores de crecimiento en altura o diámetro con la adición de fósforo (P) y potasio (K), el raleo que se efectuó simultáneamente afectó al crecimiento mucho más que el mejor tratamiento a base de fertilizantes.

La intensidad del raleo no siempre produce una reacción claramente definida. El crecimiento total subsiguiente puede ser el mismo a través de una amplia gama de densidades residuales. Esto se ilustra mediante el raleo de una plantación de *Araucaria angustifolia* de 16 años en Brasil (Soares 1970). El área basal por hectárea se redujo en cuatro tratamientos desde 35 m² a 29, 18, 11 y 7 m². Durante los tres años siguientes, el crecimiento del área basal fue de 6 m²/ha para las parcelas que no se habían raleado y 7, 6, 4 y 3 m²/ha para las plantaciones raleadas. El tratamiento que redujo el área basal de 35 a 18 m²/ha, redujo también el número de árboles de 2500 a 800/ha, pero no redujo el crecimiento del volumen. Más bien, el crecimiento volumétrico aumentó porcentualmente de 34 a 62 %.

Una explicación de esta reacción, casi uniforme a pesar de la intensidad del raleo, es que el crecimiento diamétrico de los árboles dominantes no sufre mucho por la eliminación de árboles subordinados, sean muchos o pocos. Esto sugiere que es deseable una utilización completa de estos árboles subordinados en sitios donde hay mercado para pulpa o madera de aserrío.

Puede ser que los raleos ligeros no estimulen el crecimiento, a menos que se hagan muy al principio en la vida de una plantación. El raleo de *Calophyllum* de 20 años en un sitio adverso en Puerto Rico redujo el área basal de 26 a 18 m²/ha, pero dos años después no había ninguna reacción evidente (Anón. 1952o). Las copas de los árboles liberados permanecieron tan estrechas como lo eran antes de ralear. Sin embargo, a través de los años, se fueron llenando, lo que indica un lento proceso de recuperación después de haber estado estrujadas durante largo tiempo, antes del raleo.

Los efectos de las distintas intensidades y regímenes de raleo son aparentes en el estudio de una plantación de teca de ocho años en Nigeria (Nwoboshi 1971). Los resultados se presentaron en términos de la calidad de los árboles remanentes (Cuadro J-1). Se tomaron muestras en cada una de seis parcelas de tratamiento; o sea, 0,24 ha por tratamiento.

La tendencia del crecimiento en área basal de tres árboles de *A. angustifolia* en Brasil es de interés (Buch 1971). Entre los 10 y 20 años de edad (antes de ser raleados), el promedio del crecimiento del área basal fue de 140 cm²/año. Pero entre los 30 y 40 años, con un raleo a los 33 años de edad, el área basal aumentó a 473 cm²/año, más del triple del promedio anterior.

Un estudio detallado de los efectos del raleo en *Pinus elliottii* en el sur de los EE.UU. clarifica una cantidad de relaciones que parecen ser de aplicabilidad muy amplia (Mann y Enghardt 1972). Distintas partes de la plantación se ralearon hasta un área basal de 16 m²/ha a las edades de 10, 13 y 16 años; a los 13 y 16 años, y sólo a los 16 años. Aunque el volumen del crecimiento total se redujo debido a los raleos (Cuadro J-2), el crecimiento diamétrico de los árboles grandes sobrepasó el de las parcelas sin ralear (Cuadro J-3). Esto indica que se deriva un cierto beneficio al eliminar los árboles subordinados.

En Brasil, se ha demostrado que el raleo ha extendido el aumento del incremento medio anual (IMA) de las plantaciones de *Eucalyptus* (Heinsdijk 1972). En plantaciones no raleadas, el IMA culmina aproximadamente al octavo año. En las plantaciones raleadas, el IMA continúa creciendo hasta el 11avo año y, con la completa utilización de postes pequeños, quizás no culmine antes de los 14 años.

El raleo de *A. angustifolia* en Misiones, Argentina, influye fuertemente en el rendimiento total y el diámetro promedio de los árboles (Cozzo 1958). Los árboles plantados a espaciamientos de 1 m x 1 m se ralearon a los cinco años hasta alcanzar espaciamientos de 2 m x 2 m o 4 m x 4 m. En el año 11, las parcelas que se habían raleado más intensivamente tenían casi tres veces el diámetro promedio que las parcelas testigo no raleadas, pero sólo un tercio aproximadamente del área basal y del IMA (Cuadro J-4).

Cuadro J-1.—Efectos de distintas intensidades de raleo en una plantación de teca (*Tectona grandis*) de ocho años en Nigeria

Tratamiento	No. árboles remanentes por ha	Porcentaje de árboles por clase ^a de calidad		
		1	2	3
Sin raleo	921	46	39	15
Eliminación de 1/3 de las hileras	659	48	32	20
Eliminación de 1/2 de las hileras	479	38	40	22
Área basal reducida a 16 m ² /ha ^b	598	53	38	10
Ecléctico (quinteto) ^c	440	61	33	6
Ecléctico (cuarteto) ^d	427	59	35	6

Fuente: Nwoboshi 1971.

^a1 = dominantes y codominantes derechos y sólidos;

2 = es probable que los dominantes o codominantes sean eliminados en raleos subsiguientes;

3 = árboles inferiores.

^bRaleo bajo y de copa que produce leña.

^cEl mejor de 5 progresivamente en cada hilera.

^dEl mejor de 4 progresivamente en cada hilera.

En otra plantación de *A. angustifolia* en Misiones, el raleo a los diez años redujo el área basal de 24 a 20 m²/ha, en tanto que a los 17 años se redujo de 34 a 12 m²/ha (Cozzo 1970). A los 20 años, el crecimiento neto de la plantación raleada a la edad de diez años fue de 26,1 m³/ha/año, en comparación con 35,8 m³/ha/año de la parcela de control sin ralear. El raleo fue provechoso para el tamaño de los árboles; a los 20 años todos los árboles en la plantación raleada tenían un dap de 26 cm o más, mientras que en la plantación sin ralear sólo el 19% habían alcanzado este tamaño.

En Nigeria se encontró que las variaciones en el crecimiento de los árboles en plantaciones de teca

estaban fuertemente relacionadas (casi un 70%), no con la competencia sino con el tamaño del árbol al inicio del período de mediciones, según lo indica la suma de las áreas basales de los árboles circundantes (Lowe 1966). El raleo significativamente reduce esta variación, aumentando la uniformidad en las tasas de crecimiento.

Un análisis de parcelas de muestreo en plantaciones de teca en Java, con edades entre 11 y 21 años, demostró que la producción de las plantaciones raleadas con el dap método tradicional sobrepasaba la de las plantaciones sin ralear (Hellings 1939). Las plantaciones sin ralear tenían 250% más árboles que las plantaciones raleadas; su área basal era 200% mayor, y

Cuadro J-2.—Efectos del raleo en el crecimiento volumétrico de *Pinus elliottii* en el sur de EE.UU.

Edad al momento del raleo	Incremento en metros cúbicos por ha		
	10–13 años	13–16 años	16–19 años
10, 13, 16	89	79	77
13, 16		72	79
16			68
Sin raleo	100	100	100

Fuente: Mann y Enghardt 1972.

Cuadro J-3.—Crecimiento diamétrico de los árboles más grandes de *Pinus elliottii* después del raleo en el sur de EE.UU.

Edad al momento del raleo	Incremento en metros cúbicos por ha		
	10–13 años	13–16 años	16–19 años
10, 13, 16	105	133	148
13, 16		133	156
16			119
Sin raleo	100	100	100

Fuente: Mann y Enghardt 1972.

Cuadro J-4.—Efectos del raleo en una plantación de *Araucaria angustifolia* en Misiones, Argentina, tratada a los cuatro años y medida a los 11 años

Tratamiento a los 4 años	Dap promedio (cm)	Área basal (m ² /ha)	Incremento medio anual (m ³ /ha/año)
Sin raleo, 1 m x 1 m	9.8	44.4	24.2
Con raleo 2 m x 2 m	12.5	26.9	14.6
Con raleo 4 m x 4 m	18.0	14.5	7.9

Fuente: Cozzo 1958.

su volumen 180% mayor. El promedio del dap variaba entre 70 y 95% del dap de las plantaciones raleadas. Pero, sorprendentemente, el volumen final de madera en pie fue de 5 a 35% mayor en las plantaciones raleadas que en las plantaciones sin ralear.

Ensayos con *P. caribaea* en Sudáfrica, donde la madera de aserrar es el producto final, pero donde también existe un mercado para madera de pulpa, demostró las ventajas de un espaciamiento inicial corto y raleos severos de madera para pulpa (Anón. 1954e). Las plantaciones con espaciamientos iniciales de 2,1 m x 2,1 m, rindieron una mayor producción de madera (21 m³/ha más) en el primer raleo. Esto, en combinación con el aumento del diámetro que resulta del raleo, más que compensó el rendimiento de celulosa por el crecimiento más lento de los árboles individuales en espaciamientos estrechos antes del primer raleo.

Cuadro J-5.—Dimensiones de los árboles de teca plantados a campo abierto en Tailandia

Edad (años)	Dap (cm)	Diámetro de copa (m)	Diámetro del sistema radicular (m)
5	9.0	4.2	4.6
10	14.2	7.7	5.4
15	16.9	8.5	5.6
20	26.1	10.0	5.7

Fuente: Ngampongsai 1973.

En Nilambur, India, después de un raleo inicial sistemático se efectuó una selección de casi el 10% de los mejores árboles para un total de 80 árboles de futura cosecha por hectárea en el sitio I y 120 en el sitio III (Kaushik 1960). Estos árboles se han liberado progresivamente.

El raleo de la teca en la India, generalmente se efectúa por lo bajo (Mathauda 1954c). Los árboles de teca raleados se venden muy bien, lo que favorece que se los ralee mucho antes de tener madera para aserrar. En Trinidad, los árboles raleados son aserrados a lo largo y tratados con preservantes para usarlos como postes (Ross 1958). Los costeros se convierten en palos de escoba.

La teca de crecimiento abierto en Tailandia tiene copas más anchas que la mayoría de los demás árboles. Cuando son jóvenes, el sistema de raíces se extiende más allá de la copa, pero más tarde la extensión de la copa sobrepasa la de las raíces (Cuadro J-5). La implicación es que se debe ralear lo más severamente que se pueda sin causar ramificaciones epicórmicas (Ngampongsai 1973).

En Costa de Marfil, una plantación de teca de 4000 ha se raleó a los 7, 12 y 20 años, rindiendo un total de 75 m³/ha de postes pequeños (Tariel 1966). Para la tala final entre los 60 y 80 años, habían quedado sólo 150 árboles por hectárea que se esperaba alcanzarían un diámetro de 30 a 70 cm.

Se recomienda que el programa de raleo de teca en Nigeria, en un sitio de calidad I, se debe basar en la altura y no en la edad (Cuadro J-6).

Cuadro J-6.—Programa de raleos de teca (*Tectona grandis*) en Nigeria, en un sitio de calidad I, con base en la altura

Altura del rodal (m)	Edad (años)	No. árboles remanentes/ha
8	3	1,490
12	6	750
18	10	270
23	15	190
27	20	120
32	30	90

Fuente: Horne 1966.

Cuadro J-7.—Programa de raleos de tres especies en Kenia			
Altura dominante (m)	No. árboles remanentes/ha ^a		
	<i>Cupressus lusitanica</i>	<i>Pinus patula</i>	<i>P. radiata</i>
11–12	840	690	840
15–17	490–560		
17–18			420
18–21	330		
21–23		520	
26	250		
27		350	
30–31			280
37			200
Fuente: Wormald 1967.			
^a Datos que indican sólo el momento del raleo.			

Un régimen distinto se ha usado para el raleo de teca en el este de Nicaragua, donde la precipitación anual es de 290 cm y el espaciamiento inicial fue de 3,5 m x 3,5 m (816 árboles/ha). El 50% de los bosques se raleó a los nueve años, dejando 408 árboles/ha (Weidema 1965b). Un segundo raleo a los 19 años dejó 245 árboles/ha. Los dos raleos rindieron 104 m³/ha.

Un régimen de raleo de *Cupressus lusitanica* en el este del África, cuyo objetivo era limitar el tamaño de los nudos a 10 cm, fue el siguiente (Graham 1945):

Edad (años)	No. de árboles remanentes/ha
7	990-1100
9	860-990
11	740-860
14	620-740
17	490-620
20	370-490
25	250-350

En 1955, el raleo fue un poco más pesado y dejó sólo 740 árboles por hectárea a los nueve años y 620 a los 11 años de edad (Pudden 1955). Con el primer raleo, a los siete años, se seleccionaron 620 árboles para futura cosecha por hectárea, aunque se dejaron otros para un total de 990 a 1110 árboles por hectárea.

Cuadro J-8.—Programa de raleos para <i>Pinus patula</i> y <i>P. radiata</i> en Kenia		
Edad (años)	No. árboles remanentes/ha	
	<i>P. patula</i>	<i>P. radiata</i>
7	990	990
12	740	400
20	300	200
Fuente: Paterson 1967.		

El raleo de *C. lusitanica* en Kenia se ha basado en la altura del árbol dominante (Wormald 1967). Programas de raleos comparables para *Pinus patula* y *P. radiata* en Kenia aparecen en el Cuadro J-7.

Una revisión de las plantaciones de pinos en Kenia condujo a replanteamientos en las prácticas de raleo (Paterson 1967b), al comprobarse que los suelos podían sostener rodales más densos sin que el crecimiento del cultivo sufriera. La expectativa era que *P. patula* alcanzaría un dap promedio de 42 cm a los 30 años y 44 cm a los 35 años. Las cifras correspondientes para *P. radiata* serían 54 cm y 58 cm (Cuadro J-8). Un régimen tal produce un cultivo final cuyo dap promedio sería de 48 cm y cuyo volumen alcanzaría casi 21 m³/ha/año.

En el caso de *Araucaria hunsteinii* en Papúa Nueva Guinea, el espaciamiento inicial de los árboles era de 7 m x 7 m (476 árboles/ha). A los diez años, los rodales se ralearon a 250 árboles por ha (Godlee y White 1976). A los 20 años se redujeron a 200 árboles y a los 25 años a 100/ha. Esta densidad (100/ha) se mantuvo hasta la cosecha a los 40 años de edad.

En la provincia de Misiones, Argentina, los espaciamientos en plantaciones de *A. angustifolia* fueron de 2 m x 2 m (2500/ha) (Fraser 1965). A los seis años, se eliminó la mitad de los árboles, dejando 1250 por ha, 800 a los diez años, 500 a los 15 años, y 250 a los 20 años, para la cosecha final a los 25 años de edad.

Ensayos con tres especies latifoliadas en África sugieren que no se necesitan raleos al menos por diez años si el espaciamiento inicial es de 2,4 m x 2,4 m (Lowe 1970). *Nauclea diderrichii*, *Terminalia ivorensis* y *Triplochiton scleroxylon* excedieron los diámetros promedios de 20, 32 y 22 cm respectivamente a los diez años de edad. El crecimiento en área basal de *Terminalia ivorensis* y de

Triplochiton scleroxylon culminó entre los 7 y 8 años, mientras que el de *N. diderrichii* culminó entre los 10 y 12 años. Aún después de 15 años sin raleos, el crecimiento de los árboles de futura cosecha todavía era aceptable.

A la inversa, *Ochroma lagopus*, especie de crecimiento muy rápido, requiere un raleo pesado. Árboles de esta especie se plantaron en Nigeria a razón de 2200 por hectárea, con un espaciamiento promedio de aproximadamente 2,1 m x 2,1 m. A los 18 meses se ralearon para dejar 1550 árboles por ha. De estos se seleccionaron 400 posibles árboles de futura cosecha (Anón. 1961f, White y Cameron 1965). Un año más tarde, otro raleo redujo el rodal a 760 árboles por ha. A los tres años y medio un raleo final dejó 100 árboles por ha, los cuales se cosecharon en el quinto año.

Las experiencias de raleo de *Aucoumea klainiana* en África occidental sugieren dos prácticas generales: 1) un espaciamiento inicial de 11 m x 11 m en bosques naturales, evitando los raleos; 2) espaciamientos más

estrechos y raleos graduales hasta obtener 90 buenos árboles dominantes por hectárea (Catinot 1969a). La primera práctica, apta para plantaciones bajo dosel, mantiene un área basal de menos de 10 m²/ha hasta casi el año 20. El cultivo final podría alcanzar un dap promedio de 65 cm y un área basal de casi 40 m²/ha. La segunda práctica requiere raleos de 180 a 200 árboles por hectárea entre los 8 y 10 años, y de 110 a 120 árboles por ha a los 15 años; ambos raleos se pueden combinar a los diez años. Una complicación que presenta esta especie es que produce una gran cantidad de ramificaciones epicórmicas. Un raleo pesado (del 50 al 75% de los árboles) hace que las copas descendan; por eso, el raleo se debe efectuar temprano para evitar que se produzcan ramificaciones que causarían nudos en la madera.

Se proyectaron raleos a los 3, 5 y 7 años en plantaciones de *Gmelina arborea* en Monte Dourado, Brasil, con el fin de obtener productos más grandes que madera para pulpa. (Anón. 1979e).

Apéndice K

Publicaciones sobre Pestes y Enfermedades de las Plantaciones

- Ford, J.B. 1980. A survey of pests in forest plantations in Costa Rica. Turrialba, Costa Rica, CATIE. 53 p.
- Hilje, L.Q.; Araya R., C; Scorza R., F., eds. 1991. Plagas y enfermedades forestales en América Central; manual de consulta y guía de campo. Manual Técnico nos. 3 y 4. Turrialba, Costa Rica, CATIE. 263 p.
- Hodges, C.S.; Reis, R.S. 1976. A canker disease of *Eucalyptus* in Brazil caused by *Diaporthe cubensis* Bruner. FAO Field Document 14. Brasilia, Brazil, FAO. 6 p.
- Hodges, C.S.; Reis, R.S.; Ferreira, F.A. 1976. A new needle disease of pine in Brazil caused by *Cylindrocladium pteridis*. FAO Field Document 18. Brasilia, Brazil, FAO. 4 p.
- Hodges, C.S.; Reis, R.S.; May, L.C. 1976. Two diseases in plantations of exotic forest tree species in Brazil. FAO Field Document 15. Brasilia, Brazil, FAO. 8 p.
- Reis, M.S.; Hodges, C.S. 1976. Status of forest diseases and insects in Latin America. FAO Field Document 12. Brasilia, Brazil, FAO. 10 p.
- Silva, J.N.M. 1976. Aspectos principais de estudo sobre pragas de eucalipto. Comunicação Técnica 4. Brasilia, Brazil, PRODEPEF. 11 p.

Apéndice L

Especies de Árboles Apropriadas para la Agroforestería

Se han compilado, a partir de varias fuentes, listas de especies de árboles cuyo uso intercalado con otros cultivos es apropiado. A continuación se presentan las especies que se han usado o se están en uso en la actualidad, y que aparentan tener un potencial especial para el neotrópico (Fuentes: Armour 1959, Crane 1945, Douglas y de Hart 1976, Kaul y Ganguli 1962, Nair *et al.* 1984, Purselove 1968, Sagreiya 1940, Weaver 1979a)

Nombre científico	Nombre común	Uso rural	Nombre científico	Nombre común	Uso rural
<i>Acacia</i> spp.	Acacia	Forraje, goma, látex	<i>Enterolobium</i>		
<i>Albizia lebbbeck</i>		Sombra	<i>cyclocarpum</i>	Guanacaste	Sombra, ramoneo
<i>Alnus acuminata</i>	Jaúl	Sombra	<i>Erythrina</i> spp.	Bucayo,	
<i>Anacardium</i>			poró	Forraje (hojas), postes	
<i>occidentale</i>	Marañón	Alimento (nueces, fruto), ollas	<i>Ficus</i> spp.	Higo	Forraje (follaje), postes
<i>Andira inermis</i>	Moca	Sombra	<i>Gliricidia sepium</i>	Madre	
<i>Annona</i> sp.		Alimento (fruto)		de cacao	Cercos vivos, Forraje
<i>Artocarpus altilis</i>	Panapén	Alimento (fruto)	<i>Gnetum gnemon</i>		Alim. (fruta) sombra
<i>A. integrifolia</i>	Jaca	Alimento (fruto)	<i>Inga</i> spp.	Guaba	Alim. (semillas)
<i>Arundinaria</i> spp.	Bambú	Follaje (ramas, hojas)	<i>Inocarpus edulis</i>	Castaño de	
<i>Azadirachta indica</i>	Neem	Hojas, corteza, tanino		Polinesia	Alim (fruta), forraje
<i>Bauhinia</i> spp.	Bauhinia	Alimento (semillas, vainas)	<i>Leucaena</i>	Ipil-ipil	(follaje)
			<i>leucocephala</i>		
<i>Bertholletia excelsa</i>	Castaña del Pará	Alimento (nueces)	<i>Macadamia ternifolia</i>	Macadamia	Alim. (nueces)
<i>Bixa orellana</i>	Achiote	Alimento (semillas)	<i>Malpighia glabra</i>	Acerola	Alim. (fruta)
<i>Brosimum</i> spp.	Ramón	Forraje (hojas), látex	<i>Manilkara sapota</i>	Chicozapote	Alim. látex
<i>Cajanus cajan</i>	Gandul	Cercos vivos, alim.	<i>Melia azedarach</i> (y	Alelaila	Forraje
<i>Calliandra calothyrsus</i>		Forraje	<i>Azadirachta indica</i>)		
<i>Canarium commune</i>	Almendra de Java	Alim. (fruta, nueces) aceite de semilla	<i>Pangium edule</i>	Pangi	Forraje (fruta), aceite (semillas)
<i>Caryocar</i> spp.	Nuez Soruari	Alim. (nueces)	<i>Parkia</i> spp.	Algarrobo africano	Forraje (vainas)
<i>Casuarina equisetifolia</i>	Casuarina	Dosel protector	<i>Parmentiera cerifera</i>	Árbol candil	Forraje. (fruta)
<i>Ceratonia saliqua</i>	Algarrobo	Alim. (nueces)	<i>Persea americana</i>	Aguacate	Alim. (fruta)
<i>Chrysophyllum cainito</i>	Caimito	Alim. (fruta)	<i>Pisonia albida</i>	Corcho	Alim. (hojas), forraje (hojas)
<i>Citrus</i> spp.	Naranja	Alim. (fruta)	<i>Pithecolobium</i> spp.	Saman	Forraje (vainas), fijación/nitrógeno
<i>Cocos nucifera</i>	Coco	Alim. (fruta)			Forraje (vainas)
<i>Crescentia cujete</i>	Higuera	Recipientes (fruta)	<i>Prosopis</i> spp.	Algarrobo mesquite	
<i>Cynometra cauliflora</i>	Nannam	Alim. (vainas)	<i>Senna siamea</i>	Casia	Forraje (hojas) tanino, (vainas)
<i>Cystus</i> spp.	Árbol alfalfa	Alim. (hojas)			
<i>Dalbergia sissoo</i>	Sissoo	Forraje	<i>Sesbania grandiflora</i>	Gallito	Alim. (pétalos, hojas, vainas)
<i>Derris indica</i>		Forraje			
<i>Detarium senegalense</i>	Árbol seboso	Alim. (fruta, semillas) forraje	<i>Simarouba</i> spp.	Simaruba	Aceite comestible
			<i>Spondias</i> spp.	Jobo	Alim. (fruta) postes
<i>Dialium ovoideum</i>	Tamarindo veludo	Alim. (fruta), forraje	<i>Tamarindus indica</i>	Tamarindo	Alim. (fruta)
<i>D. oxylis</i>	Manzana kei	Forraje (hojas)	<i>Terminalia catappa</i>	Almendro	Alim. (semillas)
<i>Diphysa robinoides</i>		Cercos vivos, dosel protector	<i>Theobroma cacao</i>	Cacao	Alim. (fruta)
<i>Elaeis guianensis</i>	Aceite palmera	Aceite comestible (semillas)	<i>Zizyphus jujuba</i>	Aprin	Alim. (fruta)

Muchas de estas especies son leguminosas y se consideran especialmente idóneas para plantar cerca de o entremezcladas con otros cultivos, debido a su capacidad de fijar gran parte del nitrógeno que los cultivos necesitan. No todas las especies leguminosas son apropiadas para todos los propósitos en todas partes. Algunas son menos eficaces que otras como productoras de nitrógeno y pueden tornarse en malezas difíciles de erradicar. Una revisión de las introducciones de especies leguminosas reveló que 146 de ellas se habían convertido en malezas (Hughes y Styles 1987). De estas, 29 se convirtieron en pestes significativas, entre ellas *Acacia*, *Albizia*, *Leucaena*, *Prosopis* y *Senna*.

Apéndice M

Información Silvícola de Importancia

- I. Nombre en latín y autor (o autores)
- II. Nombre común, regional y comercial
- III. Introducción
 - A. Tamaño relativo del árbol, también altura máxima, diámetro y extensión de copa
 - B. Características especiales (usos no madereros) — medicinales, veneno, biomasa, forraje, tanino, frutos, nueces, fijación de nitrógeno, abono verde, ornamental, estabilización del suelo, rompevientos, resistencia a la sequía y a las heladas
 - C. Usos más importantes, peso específico de la madera, color, veteado, trabajabilidad, durabilidad, resistencia natural a los insectos y a la descomposición, tratamiento con preservantes y uso de productos tratados, otras características buenas y malas
- IV. Dendrología
 - A. Dibujos de las hojas, ramas, corteza, flores, frutos y forma general del árbol en campo abierto
 - B. Mapa y descripción verbal de la distribución geográfica, elevación, latitud y distribución artificial
- V. Hábitat
 - A. Temperatura y precipitación, variaciones máximas y mínimas anuales y variaciones estacionales
 - B. Taxonomía del suelo, si se conoce; tipo de suelo en que el árbol se encuentra más comúnmente
 - C. Condiciones del suelo a las cuales el árbol se adapta: pH, drenaje, textura
 - D. Ubicación en el paisaje; p. ej. fondo de valle, terreno ondulado, laderas empinadas, etc.; tolerancia a sitios degradados (recalcitrantes), salinidad, inundables, sequía, otras especies deseables o indeseables, relaciones con el sitio, etc.
 - E. Tolerancia a la sombra y otros factores no mencionados previamente; árboles y arbustos asociados
- VI. Historia de vida
 - A. Polinización, floración y fructificación
 - B. Tamaño de la fruta y de las semillas, cantidad de semillas o de fruta por árbol o racimo de flores
 - C. Edad o tamaño en que los árboles alcanzan la máxima producción de semillas; dispersión de semillas, durabilidad, germinación
 - D. Condiciones para la regeneración natural; sitios, sombra, plantas asociadas
 - E. Papel silvícola en bosques naturales; ocurrencia, abundancia, sociabilidad, grado de dominación
 - F. Crecimiento en los bosques naturales; tamaño, posición y dimensión de la copa, edad, rendimientos por unidad de superficie y tiempo
 - G. Madurez natural, edad, tamaño, tendencias de crecimiento, mortalidad
- VII. Silvicultura
 - A. Inducción de la regeneración natural, reacción al desmalezado y a la liberación
 - B. Aceleración del crecimiento de los árboles establecidos en respuesta al tratamiento, rotaciones, rendimientos posibles
 - C. Sistemas silvícolas para los bosques naturales
 - D. Tecnología de las semillas, condiciones recomendadas para el almacenaje, durabilidad, tratamiento previo a la germinación, porcentaje esperado de germinación
 - E. Tecnología de vivero; condiciones de las camas o de los envases; suelo; densidad de siembra; uso de sombra, agua, fertilizantes y pesticidas
 - F. Edad, tamaño, estándares de calidad, acondicionamiento previo
 - G. Técnicas de plantado, preparación del terreno, espaciamiento, profundidad, cuidado crítico
 - H. Reacciones de la plantación a la fertilización, podado y raleado
 - I. Necesidad y control de insectos, patógenos y competencia vegetativa indeseada
 - J. Crecimiento y rendimientos de las plantaciones, edad de rotación
 - K. Potencial como planta asociada a otros cultivos
 - L. Regeneración después de la cosecha
- VIII. Razas genéticas, variedades, híbridos, metas y logros obtenidos hasta la fecha
- IX. Fuentes de semillas
- X. Bibliografía

La siguiente bibliografía incluye las obras citadas en el texto, además de otras que se cree contienen informaciones útiles relacionadas al tema de este libro. El alcance y la composición de esta bibliografía reflejan tres características destacadas de la información disponible sobre los bosques tropicales:

1. Disponemos de muchos más resultados de investigaciones y experiencia de lo que generalmente se reconoce.
2. Los mayores avances se efectuaron no en la América tropical sino que en el hemisferio oriental y merecen la atención de los silvicultores de los neotrópicos.
3. Muchas investigaciones y experiencia prácticas en el campo de la silvicultura tropical se realizaron hace más de 20 años.

Aunque todas de las obras incluidas en esta bibliografía no se citan en el texto, las hemos revisado y juzgado como contribuciones positivas al tema de este libro. El hecho que se indica que el lugar de publicación y el nombre de la editorial de algunas obras son “desconocidos” no significa que no se evaluó. Refleja más bien requisitos impuestos después de haberse completado la compilación de gran parte de las referencias usadas en este libro. La anotación “desconocidos” significa que los datos completos sobre la publicación de la obra no están disponibles ni en los archivos del Instituto Internacional de Dasonomía Tropical ni en las principales fuentes bibliográficas tal como *Forestry Abstracts*.

Nos vemos obligados a pedir la paciencia y tolerancia del lector Latinoamericano ya que la bibliografía fue preparada inicialmente para la edición en inglés, y necesitaría un cambio muy a fondo para proporcionar una traducción completa de las fuentes en español. Sentimos esta falta, pero nuestra expectativa es que no ha de complicar la identificación u obtención de cualquiera de las publicaciones enumeradas.

1. Anónimo. 1907. Disposiciones vigentes relativas al servicio del Ramo de Montes en la Isla de Cuba. Habana, Cuba: [Editorial desconocida]. [Páginas desconocidas].
2. Anónimo. 1927. Annual report of the Forest Trust of British Honduras. Belize, British Honduras: [Editorial desconocida]. [Páginas desconocidas].
3. Anónimo. 1936. A glossary of technical terms for use in Indian Forestry. Indian Forest Records. 2(1): 1-45.
4. Anónimo. 1937. Elementary forestry course notes. Entebbe, Uganda: Uganda Forest Department. 63 p.
5. Anónimo. 1940-90. Files of Institute of Tropical Forestry. Rio Piedras, PR: U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Southern Forest Experiment Station. [Sin paginación].
6. Anónimo. 1944. Effect of diameter of teak stump used on survival percentage and early height growth. Indian Forester. 70(3): 79-80.
7. Anónimo. 1947a. Effect of diameter of teak stump used on survival percentage and early height growth. Indian Forester. 73(3): 120-121.
8. Anónimo. 1947b. Effect of duration and condition of stumps of *Cedrela toona*. Rangoon, Burma: Department of Forest Research. 20 p.
9. Anónimo. 1947c. Intensive silviculture--fuel and pole plantations. Rep. 1946-47, Entebbe, Uganda: Uganda Forest Department. 10-11.
10. Anónimo. 1947d. Research on thinning. Rep. 1946. Pretoria, South Africa: South Africa Department of Forestry. 8 p.
11. Anónimo. 1948a. Advance planting with *Gmelina arborea*. Kuala Lumpur, Malaya: Malaya Forestry Department. 6 p.
12. Anónimo. 1948b. Effect of burning on the soil as affecting artificial regeneration. Indian Forester. 74(10): 349-353.
13. Anónimo. 1948c. Two-story mangrove forest. Malayan Forester. 11(4): 173.
14. Anónimo. 1949a. Natural regeneration of cedar (*Cedrela mexicana*). Belize, British Honduras: Forest Department. 8-9.
15. Anónimo. 1949b. Os servicios de reforestamento de I.N.P. Anuario Brasileiro de Economia Florestal. 2(2): 403-411.
16. Anónimo. 1949c. Thinning of *Sarcomphalus diderrichii*. Rep. 1947/48. Lagos, Nigeria: Nigeria Forest Department. 22 p.
17. Anónimo. 1949d. Tropical shelterwood system in Benin Division. Rep. 1947/49. Lagos, Nigeria: Nigeria Forest Department. 19 p.
18. Anónimo. 1950a. Growth of *Flindersia brayleyana* in plantation. Annual Rep. 1949/50. Brisbane, Australia. Queensland Department of Forestry. 6 p.
19. Anónimo. 1950b. Spacing of *Sarcomphalus diderrichii*. Rep. 1948/49. Lagos, Nigeria: Nigeria Forest Department. 116-117.
20. Anónimo. 1950c. Working plans and systematic management-mangrove. Rep. 1948/49. Suva, Fiji: The Forestry Department. 6 p.
21. Anónimo. 1951a. The effect of logging on advance reproduction in the forests of Benin. Rep. 1949/50. Lagos, Nigeria: Nigeria Forest Department. 20 p.
22. Anónimo. 1951b. Natural regeneration of savanna woodland in Nigeria as affected by fire. Rep. 1949/50. Lagos, Nigeria: Nigeria Forest Department. 17-20 p.
23. Anónimo. 1951c. Reforestamento da região siderúrgica do centro do país. Anuario Brasileiro de Economia Florestal. 4(4): 247-261.
24. Anónimo. 1952a. Artificial regeneration of *Mitragyna ciliata*. Rep. 1950/51. Lagos, Nigeria: Nigeria Forest Department. 22 p.

25. Anónimo. 1952b. Experience with exotic tree species in Indonesia. Document FAO/APFC-52/74. Rome, Italy: Food and Agriculture Organization of the United Nations, Asia Pacific Forestry Commission. 27 p.
26. Anónimo. 1952c. Natural regeneration of exotic conifers in Nyasaland. Rep. 1951. Nyasaland, Rhodesia: Nyasaland Forest Department. 10 p.
27. Anónimo. 1952d. Notes on the utilization and silviculture of the timbers used in wood based industries of India. Indian Forester. 78(6)/78(7): 274-288/248-370.
28. Anónimo. 1952e. Phosphate application to *Pinus taeda*. Annual Rep. 1951/52. Brisbane, Australia: Queensland Department of Forestry. 7-8.
29. Anónimo. 1952f. Rapport de Congo Belge. En: Proceedings, 1re conférence forestière interafricaine; 1951; Abidjan, Ivory Coast. [Lugar de publicación desconocido]: [Editorial desconocida]: 367-394.
30. Anónimo. 1952g. Rapport du Cameroun Français. En: Proceedings, 1re conférence forestière interafricaine; 1951; Abidjan, Ivory Coast. [Lugar de publicación desconocido]: [Editorial desconocida]: 283-322.
31. Anónimo. 1952h. Rapport du territoire du Tchad. En: Proceedings, 1re conférence forestière interafricaine; 1951; Abidjan, Ivory Coast. [Lugar de publicación desconocido]: [Editorial desconocida]: 323-326.
32. Anónimo. 1952i. Regional report: British East Africa. En: Proceedings, 1re conférence forestière interafricaine; 1951; Abidjan, Ivory Coast. [Lugar de publicación desconocido]: [Editorial desconocida]: 509-520.
33. Anónimo. 1952j. Report on Nigeria. En: Proceedings, 1re conférence forestière interafricaine; 1951; Abidjan, Ivory Coast. [Lugar de publicación desconocido]: [Editorial desconocida]: 257-268.
34. Anónimo. 1952k. Report on Northern Rhodesia. En: Proceedings, 1re conférence forestière interafricaine; 1951; Abidjan, Ivory Coast. [Lugar de publicación desconocido]: [Editorial desconocida]: 503-508.
35. Anónimo. 1952l. Report on the Gold Coast. En: Proceedings, 1re conférence forestière interafricaine; 1951; Abidjan, Ivory Coast. [Lugar de publicación desconocido]: [Editorial desconocida]: 247-256.
36. Anónimo. 1952m. Report on the Sierra Leone and the Gambia. En: Proceedings, 1re conférence forestière interafricaine; 1951; Abidjan, Ivory Coast. [Lugar de publicación desconocido]: [Editorial desconocida]: 241-244.
37. Anónimo. 1952n. Stagnated maria reacts slowly to thinning. Caribbean Forester. 13(1): 16-17.
38. Anónimo. 1952o. Treatment of toporite (*Hernandia sonora*) seed. Port of Spain, Trinidad: Forest Department. 13 p.
39. Anónimo. 1953a. Slow growth of virgin forests confirmed. Caribbean Forester. 14(1/2): 7-8.
40. Anónimo. 1953b. Studies in cutover forest guide management. Caribbean Forester. 14(1/2): 11-13.
41. Anónimo. 1953c. Uniformisation par le haut. Rapport. Brussels, Belgium: Institut National pour l'Etude Agronomique du Congo Belge. 247-256.
42. Anónimo. 1953d. Use of *Sarcocephalus diderrichii* as a nurse to meliaceous trees. Rep. 1951/52. Lagos, Nigeria: Nigeria Forest Department. 9 p.
43. Anónimo. 1954a. Age of exploitation of fuel plantations. Rep. 1952-53. Khartoum, Sudan: Forestry Department. 27 p.
44. Anónimo. 1954b. Annual report of the Department of Forestry for the year ended 31st March 1953. Pretoria, South Africa: Government Printer. [Páginas desconocidas].
45. Anónimo. 1954c. *Cedrela mexicana* (seed research). En: Rep. Forest Department, Trinidad and Tobago, 1953-54. Port of Spain, Trinidad. 16.
46. Anónimo. 1954d. Fertilizer treatment in young eucalypt plantations. Victoria, Hong Kong: Department of Agriculture. 57 p.
47. Anónimo. 1954e. Initial espacements (for *Pinus caribaea*). Pretoria, South Africa: Department of Forests. 13 p.
48. Anónimo. 1954f. Pruning of *Cupressus lusitanica*. Rep. 1951-1953. Nairobi, Kenya: Kenya Forest Department. 21-22.
49. Anónimo. 1954g. Research on pruning *Pinus patula*. Pretoria, South Africa: Department of Forests. 16 p.
50. Anónimo. 1954h. Scolytid beetle attack on seedlings. Rep. 1953. Suva, Fiji: The Forestry Department. 5 p.
51. Anónimo. 1954i. Tests of slash pine. Annual Rep. 1953/54. Brisbane, Australia: Queensland Department of Forestry. 11-12.
52. Anónimo. 1955a. Tree species to be planted at altitudes over 3,000 m. FAO Forest News Latin America. 3(2): 9-10.
53. Anónimo. 1955b. The tropical shelterwood system. Rep. 1953/54. Lagos, Nigeria: Nigeria Forest Department. 45-55.
54. Anónimo. 1956a. Comparative growth of *Swietenia mahagoni* and *S. macrophylla* in the Seychelles. Rep. 1955. Victoria, Seychelles: Seychelles Department of Agriculture. 14 p.
55. Anónimo. 1956b. Country report on teak. Document FAO/TSC-57/4. Rome, Italy: Food and Agriculture Organization of the United Nations, Teak Sub-Commission. 140 p.
56. Anónimo. 1956c. Crown classification of natural forest trees. Tech. Note 17/56. Entebbe, Uganda: Uganda Forest Department. 2 p.
57. Anónimo. 1956d. Plants for arid tropical zones. FAO Forest News Latin America. 13: 3-4.
58. Anónimo. 1957a. Effect of poison-girdling on natural regeneration in North Borneo. London, UK: Colonial Research Office, Forestry Advisor. 68 p.
59. Anónimo. 1957b. Establishment of mangroves, 1956. Kuala Lumpur, Malaya: Malaya Forestry Department. 34 p.

60. Anónimo. 1957c. Exotic forest trees in Uganda. En: Proceedings, 7th British Commonwealth Forestry Conference; 1957 August 27 - October 10; Canberra, Australia. Canberra, Australia: Commonwealth Government Printer: 5-17.
61. Anónimo. 1957d. Methods of obtaining natural regeneration in the Western Region of Nigeria. Rep. 1955/56. Lagos, Nigeria: Nigeria Forest Department. 7-8
62. Anónimo. 1957e. Shifting cultivation. Unasylva. 11(1): 9-11.
63. Anónimo. 1958a. Arboricides. Rep. 1956. Accra, Ghana: Ghana Forestry Department. 50-51.
64. Anónimo. 1958b. Australia: Report 1957-58. Brisbane, Australia: Queensland Department of Forestry. [Páginas desconocidas].
65. Anónimo. 1958c. Choice of tree species. Forestry Development Pap. 13. Rome, Italy: Food and Agriculture Organization of the United Nations. 307 p.
66. Anónimo. 1958d. Encouraging natural regeneration of valuable species. Annual Rep. 1957/58. Brisbane, Australia: Queensland Department of Forestry. 9 p.
67. Anónimo. 1958e. Pacific Science Congress, Ninth. Forest resources. En: Proceedings of a conference; 1957 November 18 - December 9; Bangkok, Thailand. Bangkok: Thailand: Chulalongkorn University, Department of Science; 2: 71.
68. Anónimo 1958f. *Pinus caribaea* Morelet et *Pinus elliottii* Engelman. Bois et Forêts des Tropiques. 62: 21-27.
69. Anónimo. 1958g. Regeneration of *Gmelina arborea*. Rep. 1955/56. Lagos, Nigeria: Nigeria Forest Department. 12 p.
70. Anónimo. 1958h. Repoblación forestal con pinos y eucaliptos en Misiones. Puerto Piray, Argentina: Celulosa Argentina. 63 p.
71. Anónimo. 1958i. Storage of *Araucaria klinkii* seed. Rep. 1957/58. Papua New Guinea: Department of Forestry. 23 p.
72. Anónimo. 1959a. Design of *Eucalyptus* species trials. En: Proceedings, 2d world forestry conference; 1936; Budapest, Hungary. São Paulo, Brazil: Food and Agriculture Organization of the United Nations. 13 p.
73. Anónimo. 1959b. Dosages of fertilizer for *Pinus caribaea*--1958/59. London, UK: Colonial Research Office. 97 p.
74. Anónimo. 1959c. Establishment experiments. Rep. 1958. Suva, Fiji: The Forestry Department. 6 p.
75. Anónimo. 1959d. *Eucalyptus saligna* Sm et *Eucalyptus grandis* Maiden. Bois et Forêts des Tropiques. 63: 17-21.
76. Anónimo. 1959e. Forestry advisor's visit to Zanzibar, Seychelles, and Somaliland. Newsletter 5. London, UK: Colonial Research Office, Forestry Advisor: 1-2.
77. Anónimo. 1959f. *Gmelina* in West Africa. Newsletter 5. London, UK: Colonial Research Office, Forestry Advisor. 3-4.
78. Anónimo. 1959g. *Khaya senegalensis* Jussieu *Khaya grandifoliola* de Candolle. Bois et Forêts des Tropiques. 68: 15-20.
79. Anónimo. 1959h. Mapane stand improvement trial--Jversl. Paramaribo, Surinam: Landsbosbeh: 37-39.
80. Anónimo. 1959i. *Pinus merkusii* Jungh et De Vriese. Bois et Forêts des Tropiques. 64: 19-24.
81. Anónimo. 1959j. *Pinus patula* Schlechtendal et Chamisso. Bois et Forêts des Tropiques. 67: 37-42.
82. Anónimo. 1959k. Storage of *Araucaria klinkii* seed. Rep. 1958/59. Papua New Guinea: Department of Forestry. 25 p.
83. Anónimo. 1959l. *Swietenia macrophylla* King. Bois et Forêts des Tropiques. 65: 37-42.
84. Anónimo. 1960a. *Araucaria* spp. Bois et Forêts des Tropiques. 72: 23-29.
85. Anónimo. 1960b. *Cassia* spp. Bois et Forêts des Tropiques. 70: 43-48.
86. Anónimo. 1960c. Cover crops in young cypress plantations. Nairobi, Kenya: East African Agriculture and Forestry Research Organizations. 71 p.
87. Anónimo. 1960d. *Cupressus lusitanica* Miller et *C. macrocarpa* Hartweg. Bois et Forêts des Tropiques. 73: 25-30.
88. Anónimo. 1960e. Hundred years of Indian forestry. Dehra Dun, India: India Forest Research Institute. 163 p.
89. Anónimo. 1960f. *Pinus khasya*. Bois et Forêts des Tropiques. 69: 27-32.
90. Anónimo. 1960g. Report of the subcommittee on silvicultural systems for lowland tropical rain forests. En: Report, 5th session of the Asia Pacific Forestry Commission; 1960 February 12-18; New Delhi, India. Rome, Italy: Food and Agriculture Organization of the United Nations: 93-103.
91. Anónimo. 1960h. Soil classification - a comprehensive system: seventh approximation. Washington, DC: U.S. Department of Agriculture [Páginas desconocidas].
92. Anónimo. 1960i. Three-year growth and yield of residual forest in Calavatra, Negros Occidental. Occasional Pap. 7. Manila, Philippines: Bureau of Forestry. 10 p.
93. Anónimo. 1960j. Three-year growth and yield of residual forest in Gasar, Martinique. Occasional Pap. 6. Manila, Philippines: Bureau of Forestry. 14 p.
94. Anónimo. 1960k. Trials of species and arboreta. Pretoria, South Africa: Department of Forests.
95. Anónimo. 1960-68. Puerto Rico: Presupuestos generales de ingresos y gastos correspondientes al año económico. San Juan, PR: [Editorial desconocida] [Pagination variable].
96. Anónimo. 1961a. *Agathis* spp. Bois et Forêts des Tropiques. 75: 27-32.
97. Anónimo. 1961b. Annual report of the Department of Forestry for the year ended 31st March 1959. Pretoria, South Africa: Government Printer. [Páginas desconocidas].
98. Anónimo. 1961c. *Casuarina equisetifolia* Forst. Bois et Forêts des Tropiques. 79: 30-36.
99. Anónimo. 1961d. *Cunninghamia lanceolata* W. J. Hooker. Bois et Forêts des Tropiques. 77: 23-28.

100. Anónimo. 1961e. Experimental plantations: baboen (*Virola surinamensis*) Jversl. Paramaribo, Surinam:Landsbosbed. 27-32.
101. Anónimo. 1961f. *Ochroma lagopus* Swartz (balsa). Bois et Forêts des Tropiques. 80: 27-32.
102. Anónimo. 1961g. Program report 1955-1960 by the Forestry Services of the Federation of Nigeria. Lagos, Nigeria: Federal Government Printer. 19 p.
103. Anónimo. 1962a. Bambous en Afrique. (*Arundinaria alpina*, *Bambusa vulgaris*, *Oxytenanthera abyssinica*). Bois et Forêts des Tropiques. 85: 24-32.
104. Anónimo. 1962b. *Cedrela odorata* Linne e *Toona ciliata* M. Roemer. Bois et Forêts des Tropiques. 81: 29-34.
105. Anónimo. 1962c. *Dalbergia sissoo* Roxburg. Bois et Forêts des Tropiques. 84: 21-26.
106. Anónimo. 1962d. *Gmelina arborea* Linn. (Verbenaceae) - a potentially important timber pole and amenity tree in S. Rhodesia. Rhodesia Agricultural Journal. 59: 150-151.
107. Anónimo. 1962e. Initial planting espacements. Annual Rep. 1961. Nairobi, Kenya: Kenya Forest Department. 14 p.
108. Anónimo. 1962f. *Prosopis juliflora* A. De Candolle. Bois et Forêts des Tropiques. 82: 33-38.
109. Anónimo. 1962g. Pruning of *Araucaria cunninghamii*. Papua New Guinea: Department of Forestry. Rep. 1961/62. 29-30 p.
110. Anónimo. 1962h. Recommendations on the utilization and silviculture of the timbers used in wood based industries of India. Indian Forester. 78(7): 348-370.
111. Anónimo. 1962i. Seminar and study tour of Latin America conifers, Food and Agriculture Organization of the United Nations. Publicación Especial 1. Coyoacan, Mexico: Secretaría de Agricultura y Ganadería. 209 p.
112. Anónimo. 1963a. *Azadirachta indica* A. de Jussien et *Melia azedarach* Linne. Bois et Forêts des Tropiques. 88: 23-30.
113. Anónimo. 1963b. *Eucalyptus camaldulensis* Dehnardt et *Eucalyptus tereticornis* J. E. Smith. Bois et Forêts des Tropiques. 87: 27-34.
114. Anónimo. 1953c. *Eucalyptus* spp. Design of *Eucalyptus* species trials. Statistical Section Paper 21. London, UK: Forestry Commission. 11 p.
115. Anónimo. 1953d. Plant introduction of exotic pines in the Philippines. Occasional Pap. 14. Manila, Philippines: Bureau of Forestry. 21 p.
116. Anónimo. 1961e. Tree planting practices for arid zones. Forestry Development Paper 16. Rome, Italy: Food and Agriculture Organization of the United Nations. 233 p.
117. Anónimo. 1964. Silvicultural research plan. Entebbe, Uganda: Forest Department. 128 p.
118. Anónimo. 1955a. Da lanino, Lena, y Madeira. Coopercotia. 22(190): 54, 56, 61.
119. Anónimo. 1955b. Fast-growing tree species for industrial plantations in developing countries. Unasylva. 19(4): 159-167.
120. Anónimo. 1956c. Fast growing tree species for industrial plantations in developing countries. Rome, Italy: Food and Agriculture Organization of the United Nations. 72 p.
121. Anónimo. 1956d. Natural regeneration in lowland rain forest: investigation 220. Rep. 1962/63. Lagos, Nigeria. Nigeria Forest Department. 20 p.
122. Anónimo. 1961e. Recommendations of the all-India bamboo study tour and symposium. Indian Forester. 91(9): 607-623.
123. Anónimo. 1961f. Results of increase in crops due to the protection of shelter belts or windbreaks. Forest News Latin America. 9: 2-3.
124. Anónimo. 1961g. The use of filter press as a nursery fertilizer. Australian Forestry Research. 1(2): 36-40.
125. Anónimo. 1956a. The management of manmade forests and industrial plantations: problems and solutions. En: Proceedings, 6th world forestry congress; 1966 June; Madrid, Spain. Barcelona, Spain: Comercial y Artes Gráficas: 2217-2224.
126. Anónimo. 1966b. Notes on fast growing tropical tree species. Oxford, UK: University of Oxford Commonwealth Forestry Institute. [Páginas desconocidas].
127. Anónimo. 1967. Spacing in plantations. London, UK: Forestry Commission, Extract from Republic Forest Research. 78-79
128. Anónimo. 1968a. A guide to tree species trials in tropical America. Rome, Italy: Food and Agriculture Organizations of the United Nations. 80 p.
129. Anónimo. 1968b. *Pinus caribaea* var. *bahamensis*. Beerwah Regional Research Station. Annual Rep. 1967/68. Brisbane, Australia: Queensland Department of Forestry [Páginas desconocidas].
130. Anónimo. 1968c. Plantaciones forestales en América Latina: desarrollo y perspectivas. Revista Forestal Venezolana. 11(16): 5-47.
131. Anónimo. 1968d. Taungya in Kenya: the "Shamba System." En: World symposium on man-made forests and their industrial importance; 1967 April 14-25; Canberra, Australia. Rome, Italy: Food and Agriculture Organization of the United Nations; 2: 1057-1068.
132. Anónimo. 1969a. Bibliography on the effects of clear felling and forest thinning on soil properties (1968-1930). Harpenden, UK. Commonwealth Bureau of Soils. 10 p.
133. Anónimo. 1969b. A framework for a classification of world vegetation. Paris, France: United Nations Educational, Scientific, and Cultural Organization. 29 p.
134. Anónimo. 1969c. Report of the interdepartmental committee on shifting cultivation and soil exhaustion in West Kwar'ae, Maliata. Honiara, British Solomon Islands Protectorate, Interdepartmental Committee. 15 p.
135. Anónimo. 1969d. Shifting cultivation in tropical forests. Document FO:FDT-69/2. Rome, Italy: Food and Agriculture Organization of the United Nations,

- Committee on Forest Development in the Tropics. 162 p.
136. Anónimo. 1969e. The use of pine thinnings for fencing. Fiji Timber 41. Suva, Fiji: Fiji Forestry Department. 6 p.
 137. Anónimo. 1970. Reports of the 11th session of the Latin American Forestry Commission, of the 3d session of the Committee on National Parks and Wildlife, and of the 2d session of the Committee on Forestry Research; Quito, Ecuador. Rome, Italy: Food and Agriculture Organization of the United Nations. 63 p.
 138. Anónimo. 1971a. Eucalypt seed-collecting in tropical montane Timor. Forest Resources Newsletter 7. Queensland, Australia. 50-51.
 139. Anónimo. 1971b. *Pinus merkusii*--1970/71. London, UK: Forestry Commission: p. 27-28.
 140. Anónimo. 1971c. Soil map of the world. Mexico and Central America. Paris, France: Food and Agriculture Organization of the United Nations and United Nations Educational, Scientific, and Cultural Organization. 96 p. Vol. 3.
 141. Anónimo. 1971d. Soil map of the world. South America. Paris, France: Food and Agriculture Organization of the United Nations and United Nations Educational, Scientific, and Cultural Organization. 193 p. Vol. 4.
 142. Anónimo. 1971-72. Pine planting and the environmental revolution. Forest and Timber. 8(5): 4-5, 16-18.
 143. Anónimo. 1972a. Annual report. Canberra, Australia: Australia Forestry and Timber Bureau. 72 p.
 144. Anónimo. 1972b. Beerwah Regional Research Station. Annual Rep. 1971/72. Brisbane, Australia: Queensland Department of Forestry. 13-20.
 145. Anónimo. 1972c. Seed storage and treating (*Khaya senegalensis*). Annual Rep. 1971-72. Canberra, Australia: Forestry and Timber Bureau. 11 p.
 146. Anónimo. 1973a. Conservation of natural areas and of the genetic material they contain. Man and the Biosphere Rep. Series 12. Paris, France: United Nations Educational, Scientific, and Cultural Organization. 64 p.
 147. Anónimo. 1973b. International classification and mapping of vegetation. Paris, France: United Nations Educational, Scientific, and Cultural Organization. 93 p.
 148. Anónimo. 1973c. Iroko (*Chlorophora exelsa*). Bois et Forêts des Tropiques. 148: 33-45.
 149. Anónimo. 1973d. Sipo (*Entandrophragma utile*). Bois et Forêts des Tropiques. 150: 37-48.
 150. Anónimo. 1974a. Assessment of world food situation, present and future. Geneva, Switzerland: United Nations World Food Conference. [Páginas desconocidas].
 151. Anónimo. 1974b. Framire (*Terminalia ivorensis*). Bois et Forêts des Tropiques. 153: 23-34.
 152. Anónimo. 1974c. Limba-Frake (*Terminalia superba*). Bois et Forêts des Tropiques. 158: 33-49.
 153. Anónimo. 1974d. Record of the seminar on kiri (*Pau- lownia* spp.). Bol. Tec. 13. São Paulo, Brazil: Instituto Florestal. 150 p.
 154. Anónimo. 1974e. Sapelli (*Entandrophragma cylindrica*). Bois et Forêts des Tropiques. 154: 27-40.
 155. Anónimo. 1975a. Bilinga (*Nauclea diderrichii*). Bois et Forêts des Tropiques. 160: 33-46.
 156. Anónimo. 1975b. Climatic atlas of South America. Geneva, Switzerland: World Meteorological Organization. 52 p.
 157. Anónimo. 1975c. Forest tree seed directory. Rome, Italy: Food and Agriculture Organization of the United Nations. 283 p.
 158. Anónimo. 1975d. Fromager (*Ceiba pentandra*). Bois et Forêts des Tropiques. 163: 37-51.
 159. Anónimo. 1975e. Linear regeneration sampling in Peninsular Malaysia. Malaysian Forester. 38(1): 1-13.
 160. Anónimo. 1975f. Soil taxonomy. A basic system of soil classification for making and interpreting soil surveys. Agric. Handb. 436. Washington, DC, U.S. Department of Agriculture. 754 p.
 161. Anónimo. 1975g. Yield tables for ten industrial species. Djakarta, Indonesia: Department of Agriculture, Forest Research Institute. [Páginas desconocidas].
 162. Anónimo. 1976a. As introduções de espécies/procedências de *Eucalyptus* realizadas pelo C.P.F.R.C., resultados iniciais. Rep. PNUD/FAO/UBDF/-45. Serie Divulgação. Rome, Italy: Food and Agriculture Organization of the United Nations, United Nations Development Programme. 75 p.
 163. Anónimo. 1976b. Atlas of world water balance. Paris, France: United Nations Educational, Scientific, and Cultural Organization. 35 p. + mapas.
 164. Anónimo. 1976c. Azobe. (*Lophira procera*). Bois et Forêts des Tropiques. 170: 35-50.
 165. Anónimo. 1976d. Bahia (abura) (*Mitragyna ciliata*). Bois et Forêts des Tropiques. 165: 21-34.
 166. Anónimo. 1976e. Concesión forestal Bajo Calima, 1959-1975. Cali, Colombia: Celulosa y Papel de Colombia. 89 p.
 167. Anónimo. 1976f. Estadísticas del recurso forestal del Manejo Forestal. 34(361): 16-20.
 168. Anónimo. 1976g. Mangrove forests. Vanasarn. 34(3): 229-322.
 169. Anónimo. 1976h. *Pinus caribaea*: daños y protección. Boletín del Instituto Forestal Latino Americano de Investigación y Capacitación. 51: 5-37.
 170. Anónimo. 1976i. Samba (obeche) (*Triplochiton scleroxylon*). Bois et Forêts des Tropiques. 167: 39-54.
 171. Anónimo. 1976j. Trials with exotic conifers in the Juan Vinas area of Costa Rica--preliminary results. Activities at Turrialba. 4(3): 6-7.
 172. Anónimo. 1976k. World population data sheet. Washington, DC: Population Reference Bureau. [Páginas desconocidas].
 173. Anónimo. 1977a. Appropriate technologies for developing countries. Washington, DC: U.S. National Academy of Sciences. 140 p.

Bibliografía

174. Anónimo. 1977b. As especies/procedências, locais de instalação e dados iniciais de introdução de *Pinus* na Região Central do Brasil. Rep. PNUD/FAO/IBDF/BRA-45. Comunicação Tec. 8. Rome, Italy: Food and Agriculture Organization of the United Nations, United Nations Development Programme. 22 p.
175. Anónimo. 1977c. Forestry for local community development. Forestry Pap. 7. Rome, Italy: Food and Agriculture Organization of the United Nations. 113 p.
176. Anónimo. 1977d. *Leucaena*--promising forage and tree crop for the Tropics. Washington, DC: U.S. National Academy of Sciences. 115 p.
177. Anónimo. 1978a. Adaptación de especies y aspectos ecológicos forestales. Cali, Colombia: Celulosa y Papel de Colombia, Informe Anual de Investigación Forestal. 90 p.
178. Anónimo. 1978b. Tropical forest ecosystems. Natural Resources Res. 15. Rome, Italy: United Nations Educational, Scientific, and Cultural Organizations; United Nations Environment Programme; Food and Agriculture Organization of the United Nations. 683 p.
179. Anónimo. 1979a. After *Pinus radiata*, what? New Zealand Journal of Forestry. 24(1): 4-5.
180. Anónimo. 1979b. Climatic atlas of North and Central America. 1. Maps of mean temperatures and precipitation. Geneva, Switzerland: World Meteorological Organization. 27 p.
181. Anónimo. 1979c. Combustível da Madeira--uma realidade na Matriz energética do Brasil. Brasil Florestal. 9(38): 48-51.
182. Anónimo. 1979d. Comisión y crecimiento de la regeneración natural de cuatro a quince años de edad en la concesión de Bajo Calima. Informe de Investigación No. 46. Cali, Colombia: Celulosa y Papel de Colombia, S.A. 28 p.
183. Anónimo. 1979e. *Gmelina* and modern forestry in the Amazon. World Wood 20(2): 17-21.
184. Anónimo. 1979f. Hammond comparative world atlas. [Nueva edición revisada.] Maplewood, NJ: Hammond Incorporated. 50 p.
185. Anónimo. 1979g. Tropical legumes. Washington, DC, U.S. National Academy of Sciences. 237 p.
186. Anónimo. 1980a. Firewood crops, shrub and tree species for energy production. Washington, DC: U.S. United States National Academy of Sciences. 237 p.
187. Anónimo. 1980b. Human interference in the tropical rainforest ecosystem. Paramaribo, Suriname: University of Suriname, Center for Agricultural Research. 35 p.
188. Anónimo. 1980c. Mejoramiento de bosques a través de la selección genética. Proceedings 5ta reunión anual de investigación forestal; Popayan, Colombia. Cali, Colombia: Celulosa y Papel de Colombia. 166 p.
189. Anónimo. 1980d. The new international atlas. Chicago, IL: Rand McNally. 231 p.
190. Anónimo. 1980e. Objectives of the Forestry Research Institute of Nigeria. Nigeria Trade Journal. 27(4): 43-48.
191. Anónimo. 1980f. Plantation forestry in tropical countries: physical and biological potentials and risks. Rural Development Studies 8. Uppsala, Sweden: Swedish University of Agricultural Sciences, Rural Development Centre. 134 p.
192. Anónimo. 1980g. Tropical forest ecosystems. Rome, Italy: United Nations Educational, Scientific, and Cultural Organization; Food and Agriculture Organization of the United Nations. 771 p.
193. Anónimo. 1980h. World conservation strategy: living resource conservation for sustainable development. Gland, Switzerland: International Union for the Conservation of Nature and Natural Resources. 2 p.
194. Anónimo. 1981a. 1980 FAO yearbook. Rome, Italy: Food and Agriculture Organization of the United Nations. 269 p.
195. Anónimo. 1981b. Developing country forestry research needs: time for a reappraisal? Internal document. World Bank/Food and Agriculture Organization of the United Nations.
196. Anónimo. 1981c. Forest resources of tropical Africa. Rome, Italy: Food and Agriculture Organization of the United Nations, Tropical Forest Resources Assessment Project. 586 p.
197. Anónimo. 1981d. Forest resources of tropical Asia. Rome, Italy: Food and Agriculture Organization of the United Nations, Tropical Forest Resources Assessment Project. 475 p.
198. Anónimo. 1981e. Manejo en mata secundária para produção sustentada. En: Proceedings, Anais do 1er congresso Brasileiro de florestas tropicais; 1974 October 21-25; Vicosá, Minas Gerais, Brasil. Vicosá, Minas Gerais, Brasil: Conselho Nacional de Pesquisas, Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico, Centro de Pesquisas da Região do Cerrado 2: 406-416.
199. Anónimo. 1981f. Map of the fuelwood situation in the developing countries. Rome, Italy: Food and Agriculture Organization of the United Nations. 45 p.
200. Anónimo. 1981g. Los recursos forestales de la América tropical. Rome, Italy: Food and Agriculture Organization of the United Nations, Tropical Forest Resources Assessment Project. 343 p.
201. Anónimo. 1982a. 1980 yearbook of forests products. Rome, Italy: Food and Agriculture Organization of the United Nations. 414 p.
202. Anónimo. 1982b. Ecological aspects of development in the humid Tropics. Washington, DC: U.S. National Academy of Sciences, National Research Council, National Academy Press. 297 p.
203. Anónimo. 1982c. The state of India's environment, 1982: a citizens report. New Delhi, India: Centre for Science and Environment. 109 p.
204. Anónimo. 1982d. Trinidad and Tobago plantations pay. ISTF News. 3(4): 11.

205. Anónimo. 1982e. Tropical forest resources. Forestry Pap. 30. Rome, Italy: Food and Agriculture Organization of the United Nations. 106 p.
206. Anónimo. 1983a. Basic technology in forest operations. Rome, Italy: Food and Agriculture Organization of the United Nations. 132 p.
207. Anónimo. 1983b. Mangium and other fast-growing acacias for the humid Tropics. Innovations in tropical reforestation. Washington, DC: National Academy Press. 62 p.
208. Anónimo. 1983c. Rainforest research in North Queensland. Brisbane, Australia: Queensland Department of Forestry. 52 p.
209. Anónimo. 1984a. 1982 yearbook of forest products. Rome, Italy: Food and Agriculture Organization of the United Nations. 408 p.
210. Anónimo. 1984b. Casuarinas: nitrogen-fixing trees for adverse sites. Washington, DC: U.S. National Academy of Sciences, Natural Research Council. 118 p.
211. Anónimo. 1984c. Diffusion of biomass energy technologies in developing countries. Washington, DC: U.S. National Academy of Sciences, National Research Council, National Academy Press. 120 p.
212. Anónimo. 1984d. Fertilización forestal en el Valle del Cauca. Annual Research Rep. Cali, Colombia: Celulosa y Papel de Colombia, S.A. 1983. [Páginas desconocidas].
213. Anónimo. 1984e. Sistemas agroforestales en América Latina y el Caribe. Santiago, Chile: Food and Agriculture Organization of the United Nations, Regional Office for Latin America and the Caribbean. 120 p.
214. Anónimo. 1985a. Brazil's new forest soars to success. World Wood. 26(3): 40-41.
215. Anónimo. 1985b. Changes in shifting cultivation. Unasylva. 37(4): 40-50.
216. Anónimo. 1985c. Datos sobre crecimiento de plantaciones en varios países y zonas de vida. En: Informe final del comité de investigaciones. Rome, Italy: Food and Agriculture Organization of the United Nations, Comisión Forestal Latinoamericana. [Páginas desconocidas].
217. Anónimo. 1985d. Intensive multiple forest management in the Tropics. FAO Forestry Pap. 55. Rome, Italy: Food and Agriculture Organization of the United Nations. 180 p.
218. Anónimo. 1985e. Fast growing tree species for industrial plantation in developing countries. Unasylva. 19(4): 159-167.
219. Anónimo. 1985f. Forest research in the Bajo Calima Concession. 9th Annual Rep. Cali, Colombia: Celulosa y Papel de Colombia. 266 p.
220. Anónimo. 1985g. Forest tree improvement. Forestry Pap. 20. Rome, Italy: Food and Agriculture Organization of the United Nations. 271 p.
221. Anónimo. 1985h. Proyecto de estudio conjunto sobre investigación y experimentación en regeneración de bosques en la zona amazónica de la república del Peru. Proyecto INFOR/JICA. Lima, Peru: Dirección de Investigación Forestal y de Fauna. 38 p.
222. Anónimo. 1985i. Tropical forestry action plan. Rome, Italy: Food and Agriculture Organization of the United Nations, Committee on Forest Development in the Tropics. 159 p.
223. Anónimo. 1986a. Crecimiento y rendimiento de especies para leña en áreas secas y húmedas de América Central. Turrialba, Costa Rica: Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza. 1413 p.
224. Anónimo. 1986b. Food and fruit-bearing species 3 examples from Latin America. FAO Forestry Pap. 44/3. Rome, Italy: Food and Agriculture Organization of the United Nations. 308 p.
225. Anónimo. 1986c. Foreign Assistance Act. Washington, DC: Congressional Record. October 3, 1986; 15116-15118.
226. Anónimo. 1986d. IDRC and project selection. ISTF News. 7(3): 7.
227. Anónimo. 1986e. PADF agroforestry prospers, in Haiti. ISTF News. 7(4): 2.
228. Anónimo. 1986f. *Paulownia* in China, cultivation and utilization. Singapore: National University of Singapore, Botany Department, The Asian Network for Biological Sciences. 65 p.
229. Anónimo. 1986g. Silvicultura de especies promisorias para producción de leña en América Central. Turrialba, Costa Rica: Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza, Departamento de Recursos Renovables. 220 p.
230. Anónimo. 1986h. Sistemas agroforestales: principios y aplicaciones en los trópicos. San Jose, Costa Rica: Organization of Tropical Studies, Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza. 817 p.
231. Anónimo. 1986i. Some medicinal forest plants of Africa and Latin America. Forestry Pap. 67. Rome, Italy: Food and Agriculture Organization of the United Nations. 250 p.
232. Anónimo. 1986j. USAID and tropical American forests. ISTF News. 7(2): 3.
233. Anónimo. 1986k. With our own hands. Ottawa, Ontario, Canada: International Development Research Centre. 206 p.
234. Anónimo. 1987a. Our common future. (The Brundland Report.) Oxford, UK: Oxford University Press. 400 p. [Cited in ISTF News 9(2): 1-10.]
235. Anónimo. 1987b. South African forestry handbook. 2a edición. Pretoria, South Africa. Institute of Forestry. 600 p.
236. Anónimo. 1988a. Annual report 1987. Kuala Lumpur, Malaysia: Ministry of Primary Industries, Malaysian Forestry Research and Development Board.
237. Anónimo. 1988b. The eucalypt dilemma. Rome, Italy: Food and Agriculture Organization of the United Nations. 26 p.

238. Anónimo. 1988c. ODI examines multilateralism. Briefing Paper London, UK: Overseas Development Institute: ISTF News Vol. 9(1): 14-19.
239. Anónimo. 1989. Design manual on basic wood harvesting technology. FAO training series. Rome, Italy. Food and Agriculture Organization of the United Nations. 6 booklets.
240. Anónimo. 1990a. Comparing institutional options for incorporation of forestry and agroforestry into the CGIAR system. CGIAR/TAC Resources management, forestry and agroforestry panel working paper, discussion draft. 51 p.
241. Anónimo. 1990b. The promotion of sustainable forest management: a case study in Sarawak, Malaysia. Denpasar, Bali, Indonesia: International Tropical Timber Council. 208 p.
242. Anónimo. 1990c. Research problem analysis. Forest Service Manual 4072.21. Washington, DC: U.S. Department of Agriculture, Forest Service. 2 p.
243. Anónimo. 1992a. Forest pests in Central America. Field guide. Tech. Manual 4. Turrialba, Costa Rica: Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza. 257 p.
244. Anónimo. 1992b. Forest pests in Central America. Handbook. Tech. Manual 3. Turrialba, Costa Rica: Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza. 179 p.
245. Anónimo. 1992c. The new cosmopolitan world atlas. New York, NY: Rand McNally. 304 p.
246. Anónimo. 1992d. Research management in forestry. FAO Forestry Pap. 102. Rome, Italy: Food and Agriculture Organization of the United Nations. 120 p.
247. Anónimo. 1993a. FAO yearbook 1992. FAO Statistical Series 112, Vol. 46. Rome, Italy: Food and Agriculture Organization of the United Nations. 281 p.
248. Anónimo. 1993b. FAO yearbook of trade, 1992. FAO Statistical Series 115, Vol. 46. Rome, Italy: Food and Agricultural Organization of the United Nations. 361 p.
249. Anónimo. 1993c. Forest resources assessment 1990 tropical countries. Rome, Italy: Food and Agriculture Organization of the United Nations. FAO Forestry Paper 112. 61 p. + tables and annexes.
250. Anónimo. 1993d. Ordenación y conservación de los bosques densos de América tropical. FAO Forest Pap. 101. Rome, Italy Food and Agriculture Organization of the United Nations. 150 p.
251. Anónimo. 1994. Mangrove forest management guidelines. FAO Forestry Pap. 117. Rome, Italy: Food and Agriculture Organization of the United Nations. 319 p.
252. Abdulhadi, R.; Kartawinata, K.; Sukardjo, S. 1981. Effects on mechanised logging in the lowland dipterocarp forest at Lempake, E. Kalimantan. Malaysian Forester. 44(2/3): 407-418.
253. Abeels, P. 1961. La multiplication des bambous. Bulletin Agricole du Congo Belge. 52(3): 591-598.
254. Abell, T.M. 1969. The silviculture of *Pinus caribaea* with reference to its natural distribution. Oxford, UK: University of Oxford, Department of Forestry, Commonwealth Forestry Institute. 146 p.
255. Abruna, F.; Vicente-Chandler, J.; Figarella, J. [y otros]. 1976. Potassium supplying power of the major Ultisols and Oxisols of Puerto Rico. Journal of Agriculture of the University of Puerto Rico. 60(1): 45-60.
256. Acevedo y Pinilla, J. M. 1960. La castaña del Pará, elemento económico de la Amazonia. Agricultura Tropical. 16(9): 581-585.
257. Acosta, R.; Hernandez, D.; Rodriguez del Rio, E. [y otros]. 1975. Comparison between the growth of transplants of *Pinus caribaea* var. *caribaea* planted bare-rooted and with balls of earth. Baracoa. 5(3/4): 22-29.
258. Acosta Solis, M. 1949. Especies forestales y ornamentales leñosas aconsejadas para las regiones y clima del Ecuador. Pub. 7. Quito, Ecuador: Departamento Forestal. 40 p.
259. Acosta Solis, M. 1958. O cedro cubano. Arvore excelente para cultura florestal tropical e subtropical. Anuario Brasileiro de Economia Florestal. 10: 150-152.
260. Acuna, R.A. 1938. The effect of storage on the germination of West Indian cedar. Philippine Journal of Forestry. 1(3): 293-299.
261. Adekunle, A.O. 1965. A study of savanna afforestation in the western region of Nigeria. Special Subject. Oxford, UK: University of Oxford, Department of Forestry, Commonwealth Forestry Institute. 56 p.
262. Adeyaju, S.K. 1975. Where forest reserves improve agriculture. Unasylva. 27(110): 27-29.
263. Adeyaju, S.K. 1980. The future of tropical agroforestry systems. Commonwealth Forestry Review. 59(2): 155-161.
264. Adlard, P.G. 1969. Quantitative effects of pruning *Pinus patula* in Malawi. Commonwealth Forestry Review. 48(4): 339-349.
265. Adlard, P.G. 1979. Tropical forests--1/m comparisons and contrasts. En: Ford, E.D.; Malcolm, E.C.; Atterson, J., editores. The ecology of even-aged forest plantations. Cambridge, UK: Institute of Terrestrial Ecology, Natural Environment Research Council: 505-526.
266. Adlard, P.G. 1980. Growing stock levels and productivity conclusions from thinning and spacing trials in young *P. patula* stands in southern Tanzania. Occasional Pap. Oxford, UK: University of Oxford, Department of Forestry, Commonwealth Forestry Institute. [Páginas desconocidas].
267. Agrawal, S.C.; Chinnamani, S.; Rege, N.D. 1961. Mixed plantation for effective soil conservation in the Nilgiris. Indian Forester. 87(1): 26-33.
268. Ahmad, G. 1957. Contour bunds: their finances and effect on growth. Pakistan Journal of Forestry. 7(2): 151-153.

269. Ahmad, M. 1954. Forest grazing, its effects, management and improvement. Special Subject. Oxford, UK: University of Oxford, Department of Forestry, Commonwealth Forestry Institute. 91 p.
270. Ahmed, K.J. 1956. Methods of increasing growth and obtaining natural regeneration of bamboo type in Asia. En: Proceedings, 4th world forestry congress: 1954 December. Dehra Dun, India: Government of India, Manager of Publications: 393-403.
271. Ahn, P.M. 1974. Some observations on basic and applied research in shifting cultivation. En: Shifting cultivation and soil conservation in Africa. Soils Bull. 24. Rome, Italy: Food and Agriculture Organization of the United Nations: 123-154.
272. Akamine, E.K. 1952. Germination of seed of koa hoale, *Leucaena glauca* (L.) Benth. Pacific Science. 6(1): 51-52.
273. Alaka, M.A. 1976. Climatology of Atlantic tropical storms and hurricanes. En: Schwerdtfeger, W., editor. World survey of climatology. Climates of Central and South America. Amsterdam, Netherlands: Elsevier: 479-509. Chapter 8. Vol. 12.
274. Alameda, F.; Pringle, C.M., editores. Tropical rainforest: diversity and conservation. Proceedings of a symposium in September 1985. San Francisco, CA: California Academy of Sciences. [Páginas desconocidas].
275. Alencar, J. da C.; de Araujo, V.C. 1980. Comportamento de especies forestais amazônicas quanto a liminosidade. Acta Amazonica. 10(3): 435-444.
276. Allan, T.C.; Endean, F. 1966. Manual of plantation techniques. Lusaka, Zambia: Forest Department. [Páginas desconocidas].
277. Allan, W. 1965. The African husbandman. London, UK: Oliver and Boyd. [Páginas desconocidas].
278. Allen, E.F. 1955. Cultivating other crops with rubber. Planters Bulletin. 16: 10-21.
279. Allen, E.F. 1956. The rain forests of Golfo Dulce. Gainesville, FL: University of Florida Press. 417 p.
280. Alphen de Veer, E.J. van. 1954. Plantations of *Pinus merkusii* as a means of reafforestation in Indonesia. Tectona. 43(1/2): 119-130.
281. Alphen de Veer, E.J. van. 1958a. Artificial regeneration of *Pinus merkusii*. En: Proceedings, 4th world forestry congress; 1954 December; Jakarta, Indonesia. New Delhi, India: Government of India, Manager of Publications; 3: 565-572.
282. Alphen de Veer, E.J. van. 1958b. Teak cultivation in Java. En: Proceedings, 4th world forestry congress; 1954 December; Jakarta, Indonesia. New Delhi, India: Government of India, Manager of Publications; 2: 322-338.
283. Alston, M.W. 1984. Myths of social forestry. BOS (Bosbouw Ontwikkelings Samenwerking). 3(3): 4-13.
284. Altena, A.C. van. 1971. The performance of two tropical pines in the coastal and plateau regions of northeastern Queensland. Res. Pap. 1. Brisbane, Australia: Queensland Department of Forestry. 19 p.
285. Alvim, P. de T. 1964. Tree growth periodicity in tropical climates. En: Zimmermann, H., editor. Formation of wood in forest trees. New York, NY: Academic Press: 479-495.
286. Alvim, P. de T. 1981. A perspective appraisal of perennial crops in the Amazon Basin. Interciencia. 6(3): 139-145.
287. Amediwole, E.K. 1967. Experiments on tree poisoning in Bobiri Research Center using sodium arsenite and other arboricides. Accra, Ghana: Forest Products Research Institute. Technical Newsletter. 1(2): 8-10.
288. Amerson, H.V. 1984. How plant tissue culture works. Journal of Forestry. 82(4): 215.
289. Amobi, C.C. 1973. Periodicity of wood formation in some trees of lowland rainforest in Nigeria. Annals of Botany. 37(149): 211-218.
290. Amos, F.R. 1955. Ipil pil--a firewood crop prospectus. Forestry Leaves. 8(1): 43-47.
291. Anakwenze, F.N. 1965. Nursery techniques in Nigeria. Special Subject. Oxford, UK: University of Oxford, Department of Forestry, Commonwealth Forestry Institute. 28 p.
292. Andersen, K.F. 1972. Bamboo management: an outline. Bano Biggyan Patrika. (2/3): 17-31.
293. Anderson, A.B. 1981. White-sand vegetation of Brazilian Amazonia. Biotropica. 13(3): 199-210.
294. Anderson, J.M.; Swift, M.J. 1983. Decomposition in tropical forests. En: Sutton, S.L.; Whitmore, T.C.; Chadwick, A.C., editores. Tropical rain forest: ecology and management. Oxford, UK: Blackwell Scientific Publications: 287-309.
295. Anderson, M.L. 1953. Spaced-group planting. Unasylva. 7(3): 55-63.
296. Anderson, T.M.; Bacon, G.M.; Shea, G.M. 1981. Thinning strategies for Honduras Caribbean pine in plantations: an analysis of precommercial and commercial thinnings. Tech. Pap. 25. Brisbane, Australia: Queensland Department of Forestry. 17 p.
297. Andrade, D.X. 1957. Considerações sobre a cultura do cedro. Anuario Brasileira de Economia Florestal. 9: 122-130.
298. Andrade, P.; Viera, P.F. 1976. *Trema micrantha* Blume na alimentação animal. Acta Amazonica. 6(4, Supp.): 91-94.
299. Andrew, I.A. 1973. Wood quality of *Pinus merkusii* Jungh and de Vriese: a review. En: Selection and breeding to improve some tropical conifers. Oxford, UK: University of Oxford, Department of Forestry, Commonwealth Forestry Institute; Brisbane, Australia: Queensland Department of Forestry; 2: 116-125.
300. Angstrom, A. 1925. The albedo of various surfaces of ground. Geografiska Annaler. 4: 323-342.
301. Arana Cardo, A. [sin fecha] Guía de acopio de información para banco de datos de inventarios

- forestales. Serie Documentos Tec. 21. Lima, Peru: Instituto Nacional de Desarrollo Gerencia de Proyectos Especiales. 57 p.
302. Araujo, V.C. 1970. Fenologia de essencias florestais amazônicas. Boletim do INPA (Manaus.) 4: 1-25.
303. Araujo, V.C. 1971. Sobre a germinação do magno (aguano) *Swietenia macrophylla* King. Acta Amazonica. 1(3): 59-69.
304. Ardcoesoema, R.I.; Kamil, R.N. 1955. Kaju pajung, *Musanga cecropioides*, sebagai kaju asing di Indonesia. Rimba Indonesia. 4(1/2): 10-28.
305. Armitage, F.B.; Burley, J., compiladores. 1980. *Pinus kesiya*. Tropical Forestry Pap. 9. Oxford, UK: University of Oxford, Department of Forestry, Commonwealth Forestry Institute. 199 p.
306. Armour, R.P. 1959. Investigations on *Simarouba glauca* DC in El Salvador. Economic Botany. 13(1): 41-66.
307. Arney, J.D. 1973. Table for quantifying competitive stress on individual trees. Information Rep. BC-X-78. Victoria, British Columbia, Canada: Environment Canada, Canadian Forestry Service, Pacific Forest Research Centre. 45 p.
308. Arnold, J.E.M. 1978. Wood energy and rural communities: Proceedings, 8th world forestry congress; 1978 October 16-28; Jakarta, Indonesia. En: PT Gramedia 2: 609-626.
309. Arnold, J.E.M. 1983. Economic considerations in agroforestry projects. Agroforestry Systems. 1: 299-311.
310. Arnold, J.E.M.; Johnsgma, J. 1979. Fuelwood and charcoal in developing countries. Unasylva. 29: 2-9.
311. Arnot, D.B.; Landon, F.H. 1937. The management of Malayan forest under the selection system. Malayan Forester. 6(1): 13-17.
312. Arnot, D.B.; Smith, J.S. 1937. Shifting cultivation in Brunei and Trengganu. Malayan Forester. 6(1): 13-17.
313. Art, H.W.; Marks, P.L. 1971. A summary table of biomass and net annual primary production in forest ecosystems of the world. En: Proceedings, 15th International Union of Forestry Research Organizations Congress, Gainesville, Florida, 1971. 32.
314. Ashcraft, B.C. 1982. Public attitudes to the exotic pine reforestation programme in South Queensland. Tech. Pap. 29. Brisbane, Australia: Queensland Department of Forestry. 42 p.
315. Ashton, P.S. 1969. Speciation among tropical forest trees: some deductions in the light of recent evidence. Biological Journal of the Linnean Society. 1: 155-196.
316. Ashton, P.S. 1976. Factors affecting the development and conservation of tree genetic resources in Southeast Asia. En: Burley, J.; Styles, B. T., editores. Tropical trees: variation, breeding, and conservation. Symposium Series 2. London, UK: Linnean Society: 189-199.
317. Ashton, P.S. 1978a. The biological and ecological basis for the utilization of dipterocarps. En: Paper, 8th world forestry congress; 1978 October 16-28; Jakarta, Indonesia. 14 p.
318. Ashton, P.S. 1978b. Vegetation and soil association in tropical forests. Malayan Nature Journal. 30(2): 225-228.
319. Ashton, P.S. 1981. Future directions in dipterocarp research. Malaysian Forester. 44(2/3): 193-196.
320. Ashton, P.S.; Brunig, E.F. 1975. The variation of tropical moist forest in relation to environmental factors and its relevance to land use planning. Mitteilungen der Bundesforschungsanstalt für Forst- und Holzwirtschaft Reinbeck bei Hamburg. Hamburg, Federal Republic of Germany: Kommissionverlag, Buchhandlung Max Wiedebusch. 59-86.
321. Assiddao, F. 1950. Natural versus artificial reproduction of dipterocarp species. Philippine Journal of Forestry. 7(1/4): 63-79.
322. Assiddao, F.; Jacalne, D.V. 1958. Response of mahogany seedlings to underground root pruning. Filipino Forester. 9/10: 117-119.
323. Assman, E. 1970. The principles of forest yield study. New York, NY: Pergamon Press. 506 p.
324. Atmosoedarjo, S.; Banyard, S.G. 1978. The prosperity approach to forest community development in Java. Commonwealth Forestry Review. 57(2): 89-98.
325. Attiwill, P.M. 1972. On the cycling of elements in mature *Eucalyptus obliqua* forest. En: Proceedings, Australian forest-tree nutrition Conference; 1971 September 6-17; Canberra, Australia. Canberra, Australia: Forestry and Timber Bureau: 39-46.
326. Aubert, G.; Tavernier, R. 1972. Soil survey. En: Soils of the Tropics. Washington, DC: National Academy of Sciences: 17-44.
327. Aubreville, A. 1947a. Les bois, richesse permanente de la Côte D'Ivoire et du Cameroun. Agronomie Tropical. 2(9/10): 463-489.
328. Aubreville, A. 1947b. Les brousses secondaires en Africa Equatoriale: Côte d'Ivoire, Cameroun, French Equatorial Africa. Bois et Forêts des Tropiques. 2: 24-49.
329. Aubreville, A. 1948. La forêt coloniale: les Forêts de l'Afrique Occidentale Française. Annales Académie Sciences Coloniale. 9: 1-245.
330. Aubreville, A. 1950-51. La concept d'association dans la forêt dense equatoriale de la basse Côte d'Ivoire. Bulletin de la Société Botanique de France. 98: 145.
331. Aubreville, A. 1951. Silviculture of mixed tropical rain forests. En: Proceedings, United Nations scientific conference on conservation and utilization of resources; Lake Success, NY. Lake Success, NY: United Nations: 114-116.
332. Aubreville, A. 1953. L'expérience de l'enrichissement par layons en Côte d'Ivoire. Bois et Forêts des Tropiques. 29: 3-9.
333. Aubreville, A. 1958. Une visite aux plantations de limbo du Moyen-congo. Bois et Forêts des Tropiques. 27: 1-8.
334. Aubreville, A. 1961. Etude écologique des principales formations végétales du Brasil. Nogent-sur-Marne, France: Centre Technique Forestier Tropical. 268 p.

335. Aumeeruddy, Y.; Pinglo, F. 1989. Phytopractices in tropical regions: a preliminary survey of traditional crop improvement techniques. Paris, France: United Nations Educational, Scientific, and Cultural Organization. 71 p.
336. Aung Din, U. 1954. An outline scheme for the afforestation and development of village-forests in the dry zone. *Burmese Forester*. 4(1): 47-65.
337. Aung Din, U. 1957. Selection of silvicultural techniques. *Burmese Forester*. 6(2): 153-159.
338. Aung Din, U. 1958. Pines for tropical areas. *Unasylya*. 12(3): 121-133.
339. Avery, E. 1975. Natural resources management. [2a edición] New York, NY: McGraw-Hill Book Company. 339 p.
340. Aweto, A.O. 1981a. Secondary succession and soil fertility restoration in southwestern Nigeria. 1. Succession. *Journal of Ecology*. 69: 601-607.
341. Aweto, A.O. 1981b. Secondary succession and soil fertility restoration in Southwestern Nigeria. 2. Soil fertility restoration. *Journal of Ecology*. 69(2): 609-614.
342. Ayliffe, R.S. 1952. The natural regeneration of Trinidad forests. En: Papers, 6th British Commonwealth forestry conference, Canada. Port of Spain, Trinidad, Forest Department. 18 p.
343. Ayling, R.D.; Martins, P.J. 1981. The growth of eucalypts on short rotations in Brazil. *Forestry Chronicle*. 57(1): 9-16.
344. Ayre-Smith, R.A. 1963. The use of bamboo as a cattle feed. *East African Agricultural and Forestry Journal*. 29(1): 50-51.
345. Bacongus, S.R.; Rondilla, C.S. 1979. Infiltration studies of giant ipil-ipil (*Leucaena leucocephala*) plantation sites at the Buhisan Watershed. *Sylvatrop, the Philippine Forest Research Journal*. 4(1): 23-29.
346. Badhwar, R.L.; Dey, A.C.; Griffith, A.L. 1946. The afforestation of dry and arid areas. *Indian Forest Bull*. 133. Dehra Dun, India: Forest Research Institute. 52 p.
347. Badhwar, R.L.; Griffith, A.L. 1946. Suitable species for dry and desert areas. *Indian Forester*. 72(2): 64-73.
348. Baes, Pieter; Vettew, Roland E., editores. Growth rings in tropical trees. En: Proceedings of the joint session of IUFRO: Tree ring analysis in IAWA on age and growth rate determination in tropical trees; 18 May 1988; São Paulo, Brazil. Leiden Netherlands: International Association of Wood Anatomists. IAWA Bulletin. n.s. 10(2): 95-104.
349. Bailly, C.; Ramanantsavavina, G.; de Cognac, B. [y otros]. 1974. Fertilisation des plantations de pines de Madagascar. *Bois et Forêts des Tropiques*. 158: 13-32.
350. Bain, J. 1981. Forest monocultures--how safe are they? An entomologist's view. *New Zealand Journal of Forestry*. 26(1): 37-42.
351. Baja-Lapis, A. 1986. Rattan plantation development: its potential and as a social forestry project. *Canopy*. 12(5):1,4-5,9.
352. Baker, E.F.I. 1975. Research on mixed cropping with cereals in Nigeria farming systems--a system for improvement. En: International workshop on farming systems; 1974 November 18-21; Hyderabad, India. Hyderabad, India: International Crops Research Institute for the Semi-Arid Tropics. 287-301.
353. Baker, H.G. 1970a. Evolution in the Tropics. *Biotropica*. 2: 101-111.
354. Baker, H.G. 1970b. Plants and civilization. Belmont, CA: Wadsworth. 194 p.
355. Bakshi, B.K. 1968. Diseases of man-made forest. En: Proceedings, FAO world symposium on manmade forests and their industrial importance; 1967 April 14-25; Canberra, Australia. Rome, Italy: Food and Agriculture Organization of the United Nations: 639-661.
356. Bakshi, B.K. 1976a. Dealing with pests and diseases in tropical forests. *Unasylya*. 28(111): 21-24.
357. Bakshi, B.K. 1976b. Forest pathology: principles and practices in forestry. New Delhi, India: Controller of Publications. 400 p.
358. Baldanzi, G.; de Araujo, A.J. 1971. Investigações sobre a variação geográfica na *Araucaria angustifolia* na estação de pesquisas de Rio Negro. *Paraná Floresta*. 3(2): 37-42.
359. Baldwin, H.I. 1955. Handling forest tree seed. FAO Forestry Development Pap. 4. Rome, Italy: Food and Agriculture Organization of the United Nations. 110 p.
360. Ball, J.B. 1971. A review of weeding research in Uganda. Tech. Note 177. Entebbe, Uganda: Forestry Department. 22 p.
361. Balmer, W.E.; Utz, K.A.; Langdon, O.G. 1978. Financial returns from cultural work in natural loblolly pine stands. *Southern Journal of Applied Forestry*. 2(1): 111-117.
362. Banerjee, A.K. 1973. Plantations of *Acacia auriculiformis* (Benth.) A. Cunn. in West Bengal. *Indian Forester*. 99(9): 533-540.
363. Banerji, J. 1938. Silvicultural experiments. *Indian Forester*. 64(1): 7-14.
364. Banerji, J. 1958. Tropical rain forest. En: Proceedings, 4th world forestry congress; 1954 December 11-22; Dehra Dun, India. New Delhi, India: Government of India, Manager of Publications; 3: 142-151.
365. Banerji, J. 1960. Afforestation of dry deciduous forests. En: Proceedings, 9th silvicultural conference; 1956 December 7-19; Dehra Dun, India. Dehra Dun, India: Forest Research Institute: 368-371.
366. Banijbatana, D. 1958. Mangrove forest in Thailand. En: Proceedings, 9th Pacific science congress; 1957 November 18-December 9; Bangkok, Thailand. Bangkok, Thailand: Chulalongkorn University, Department of Science; 11: 22-27.
367. Banks, P.F. 1962. A note on the silvicultural regimes adopted in Southern Rhodesia for fast growing state

- coniferous plantations. En: Papers, 8th British Commonwealth forestry conference; 1962 June 25-July 28; East Africa. [Lugar de publicación/editorial desconocidos]. 9 p.
368. Banks, P.F. 1981. The planting of woodlots for the fuelwood requirements of tribal trust land populations in Zimbabwe (Rhodesia): a review of past and future development. South African Forestry Journal. 117: 13-15.
369. Bannerjfe, K.K. 1942. An attempt on quick germination of *Tectona grandis* seeds. Indian Forester. 68(5): 240-244.
370. Bannister, B.A. 1970. Ecological life cycle of *Euterpe globosa* Gaertn. En: Odum, H. T.; Pidgeon, R. F., editores. A tropical rainforest: a study of irradiation and ecology at El Verde, Puerto Rico. Oak Ridge, TN: Atomic Energy Commission: B299-B314.
371. Baquero, H.I. 1986. Evaluación económica de proyectos agroforestales. Santiago, Chile: Food and Agriculture Organization Regional Office. 142 p.
372. Barclay-Estrup, P. 1972. Herbicides: a critical look at their use in forest management. Canadian Field Naturalist. 86: 91-95.
373. Barnard, R.C. 1949. Promising exotics. Malayan Forester. 12(4): 212.
374. Barnard, R.C. 1950a. The elements of Malayan silviculture. Malayan Forester. 13(3): 122-129.
375. Barnard, R.C. 1950b. Linear regeneration sampling. Malayan Forester. 13(3): 129-135.
376. Barnard, R.C. 1952. Experience with exotic tree species in Malaya. Doc. APFC-52/27. Rome, Italy: Food and Agriculture Organization of the United Nations, Asia Pacific Forestry Commission. 17 p.
377. Barnard, R.C. 1953. Experience with exotic tree species in Malaya. Malayan Forester. 16(1): 29-40.
378. Barnard, R.C. 1954. A manual of Malayan silviculture for inland lowland forests. Res. Pamphlet 14. Kepong, Malaya: Forest Research Institute. 199 p.
379. Barnard, R.C. 1956. Frill-girdling. Empire Forestry Review. 35(3): 317-319.
380. Barnard, R.C.; Beveridge, A.E. 1957. Exotic trees in the Federation of Malaya. En: Papers, 7th British Commonwealth forestry conference; Australia and New Zealand. Kuala Lumpur, Malaysia: Federal Forest Administration. 21 p.
381. Barnard, R.C.; Setten, G.G.K. 1952. Investigation scheme for growth and increment studies in Johore mangrove forest. Doc. APFC-52/26. Rome, Italy: Food and Agriculture Organization of the United Nations, Asia Pacific Forestry Commission. 6 p.
382. Barnes, R.D.; Burley, J. 1990. Tropical forest genetics at the Oxford Forestry Institute: exploration, evaluation, utilization, and conservation of genetic resources. Forest Ecology and Management. 35: 159-169.
383. Barnes, R.D.; Mullin, L.J. 1976. Selection of forest tree species in Rhodesia. South African Forestry Journal. 98: 16-20.
384. Barrett, R.L. 1973. Forestry nursery practice in Rhodesia. Bulletin 4. Salisbury, Southern Rhodesia: Forestry Research Department. 100 p.
385. Barrett, R.L.; Mullin, L.J. 1968. A review of introduction of forest trees in Rhodesia. Bulletin 1. Salisbury, Southern Rhodesia: Forestry Research Department. 227 p.
386. Barrett, W.H. 1968-69. Adaptación de especies de *Pinus* al noreste Argentino--crecimiento a los cinco años. Idia, Suplemento Forestal. 5: 11-26.
387. Barrett, W.H. 1969. Coníferas de rápido crecimiento para la República Argentina. En: Proceedings, 2d FAO world consultation on forest tree breeding; 1969 August 7-16; Washington, DC. Rome, Italy: Food and Agriculture Organization of the United Nations: 9-16.
388. Barrett, W.H. 1970. Response of pine species to various site conditions in northeastern Argentina and in other sub-tropical regions. Dissertation Abstracts International. B 31: 3786-3787.
389. Barros, D. Paes de. 1965-66. Regeneração de especies florestais em São Simão através da Talhadia. Silvicultura em São Paulo. 4/5(4): 171-179.
390. Bartholemew, M.V. 1972. Soil nitrogen in the Tropics. En: Sanchez, P. A., editor. A review of soils research in tropical Latin America. Tech. Bull. 219. Raleigh, NC: North Carolina Agricultural Experiment Station: 68-89.
391. Bartholomew, W.V.; Meyer, J.; Laudelout, H. 1953. Mineral nutrient immobilization under forest and grass fallow in the Yangambi (Belgium Congo) region. Publ. 57. Brussels, Belgium: Publié avec le Concours de l'Institut Belge pour l'Encouragement de la Recherche Scientifique, Outre-mer, Institut National pour l'Etude Agronomique du Congo Belge. 27 p.
392. Barzetti, V.; Rovinski, Y. editores. 1992. Toward a green Central America: integrating conservation and development. Washington, DC: The Panos Institute. 110 p.
393. Bascope, F.; Bernardi, A.L.; Jorgensen, R.N. [y otros]. 1959. Los manglares de América. Descripciones de árboles forestales 5. Merida, Venezuela: Instituto Forestal Latino Americano de Investigación y Capacitación. 52 p.
394. Bascope, F.; Bernardi, A.L.; Lamprecht H. [y otros]. 1958a. El género *Anacardium* en América. Descripciones de árboles forestales 4. Merida, Venezuela: Instituto Forestal Latino Americano de Investigación y Capacitación. 20 p.
395. Bascope, F.; Bernardi, A.L.; Lamprecht H. [y otros]. 1958b. El género *Carapa* en América. Descripciones de árboles forestales 3. Merida, Venezuela: Instituto Forestal Latino Americano de Investigación y Capacitación. 20 p.
396. Bascope, F.; Bernardi, A.L.; Lamprecht, H. [y otros]. 1957a. *Swietenia macrophylla* King. Descripciones de árboles forestales 1. Merida, Venezuela: Instituto Forestal Latino Americano de Investigación y Capacitación. 18 p.

397. Bascope, F.; Bernardi, A.L.; Lamprecht, H. [y otros]. 1957b. El género *Cedrela* en América. Descripciones de árboles forestales 2. Merida, Venezuela: Instituto Forestal Latino Americano de Investigación y Capacitación. 25 p.
398. Baskerville, G.L. 1966. Grow large trees and high volumes per acre. *Forestry Chronicle*. 42(1): 101-102.
399. Bassett, J.R. 1966. Thinning loblolly pine from above and below. Res. Note SO-44. New Orleans, LA: U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Southern Forest Experiment Station. 3 p.
400. Bastos, T.X.; Diniz, T.D. de A.S. 1974. Temperatura em solo de floresta equatorial úmida. *Boletim Técnico do Instituto de Pesquisas e Experimentação Agropecuarias do Norte*. 64: 73-83.
401. Bastos, T.X.; Pereira, F.B.; Diniz, T.D. de A.S. 1974. Contribuição ao conhecimento da ecologia de floresta equatorial úmida. *Boletim Técnico do Instituto de Pesquisas e Experimentação Agropecuarias do Norte*. 64: 1-57.
402. Batista, M.P.; Woessner, R.A. 1980. Comparação do incremento em altura e diâmetro de espécies nativas e exóticas no nordeste do Para, Brasil. *Floresta*. 11(1): 24-32.
403. Baule, H. 1973. World-wide forest fertilization: its present state and prospects for the near future. *Potash Review*. 22/21(6): 1-23.
404. Baule, H. 1979. World-wide use of fertilizer in forestry at present and in the near future. *South African Forestry Journal*. 94: 13-19.
405. Baumgartner, A.; Reichel, E. 1975. The world water balance. Amsterdam, Netherlands: Elsevier. 175 p.
406. Baur, G.N. 1964a. The ecological basis of rainforest management. New South Wales, Australia: Ministry of Conservation, Forestry Commission of New South Wales. 499 p.
407. Baur, G.N. 1964b. Rain forest treatment. *Unasylva*. 18(1): 18-26.
408. Bawa, K.S. 1974. Breeding systems of tree species of a lowland tropical community. *Evolution*. 28: 85-92.
409. Bawa, K.S. 1976. Breeding of tropical hardwoods: an evaluation of underlying bases, current status and future prospects. En: Burley, J.; Styles, B. T., editores. *Tropical trees: variation, breeding, and conservation*. London, UK: Linnean Society; Symposium Series 2. 43-59.
410. Bawa, K.S.; Opler, P.A. 1975. Dioecism in tropical forest trees. *Evolution*. 29(1): 167-179.
411. Bawa, K.S., Ashton, P., Primack, R.B. y otros. 1989. Reproductive ecology of tropical forest plants. *Biology International. Special Edition* 21. 56 p.
412. Baynton, H.W. 1965. Wind structure in and above tropical rain forest. *Journal of Applied Meteorology*. 4: 670-675.
413. Bazilevich, N.I.; Drozdov, A.V.; Rodin, L.E. 1971. World forest productivity, its basic regularities and relationships with climatic factors. En: Divigneaud, P., editor. *Productivity of forest ecosystems*. Paris, France: United Nations Educational, Scientific, and Cultural Organization: 343-353.
414. Bazilevich, N.I.; Rodin, L.E. 1966. The biological cycle of nitrogen and ash elements in plant communities of the tropical and subtropical zones. *Forestry Abstracts*. 27(3): 357-368.
415. Beard, J.S. 1942. Summary of silvicultural experience with cedar *Cedrela mexicana* Roem. in Trinidad. *Caribbean Forester*. 3(3): 91-102.
416. Beard, J.S. 1943. The importance of race in teak. *Caribbean Forester*. 4(3): 135-139.
417. Beard, J.S. 1944a. Climax vegetation in tropical America. *Ecology*. 25(2): 127-158.
418. Beard, J.S. 1944b. A silvicultural technique in Trinidad for the rehabilitation of a degraded forest. *Caribbean Forester*. 6(1): 1-18.
419. Beard, J.S. 1947. Ecology: forestry's fundamental science. En: Papers, 5th British Empire forestry conference; 1947 June 16 - July 19; London, UK. London, UK: His Majesty's Stationery Office. 4 p.
420. Beard, J.S. 1949. The natural vegetation of the Windward and Leeward Islands. *Oxford Forestry Memoirs* 21. Oxford, UK: The Clarendon Press. 192 p.
421. Beard, J.S. 1953. The savanna vegetation of northern tropical America. *Ecological Monographs*. 23(2): 149-215.
422. Beard, J.S. 1961. Further evidence on burning versus non-burning in wattle silviculture. *Journal of the South African Forestry Association*. 38: 7-10.
423. Beard, J.S. 1967. Some vegetation types of tropical Australia in relation to those of Africa and America. *Journal of Ecology*. 55(2): 271-290.
424. Beard, J.S. 1973. The physiognomic approach. En: Whittaker, R.H., editor. *Ordination and classification of communities. Part 5--Handbook of vegetation science*. The Hague, Netherlands: W. Junk: 355-386.
425. Beard, J.S.; Darby, C.D. 1951. An experiment on burning in wattle silviculture. *Journal of the South African Forestry Association*. 20: 53-77.
426. Beauchamp, J.J.; Olson, J.S. 1973. Corrections for bias in regression estimates after logarithmic transformations. *Ecology*. 54: 1403-1407.
427. Becerra, J.E. 1979. Manejo silvicultural de bosques naturales y reforestación. *Colombia Forestal*. 2(1): 29-31.
428. Becking, J.H. 1951. Forestry technique in the teak forests of Java. En: Proceedings, United Nations scientific conference on the conservation and utilization of resources; 1949; Lake Success, NY. Lake Success, NY: United Nations; 5: 106-114.
429. Becking, J.H. 1953. Thinning research in forestry. *Netherlands Journal of Agricultural Science*. 1(2): 122-127.

430. Becking, J.H. 1962. Potential and actual productivity of stemwood in forestry. *Netherlands Journal of Agricultural Science*. 10: 354-360.
431. Bedard, P.W.; Serevo, T. S. 1955. Feasibility of selective logging in dipterocarp forest. *Forestry Leaves*. 8(1): 29-32, 42.
432. Bednall, B.H. 1968. The problem of lower volumes associated with second rotations in *Pinus radiata* plantations in South Australia. En: Papers, 9th British Commonwealth forestry conference; 1968 January 3-27; New Delhi, India. Brisbane, Australia: Queensland Department of Forestry. 12 p.
433. Beer, J.W. 1987. The investigation of agroforestry systems: methodology used by CATIE. En: Somarriba, E., editor. *Investigación agroforestal. Informe Técnico 131*. Turrialba, Costa Rica: Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza: 19-34.
434. Beeson, C.F.C. 1941. The ecology and control of the forest insects of India and the neighbouring countries. Dehra Dun, India: Government of India, Forest Research Institute. 767 p.
435. Begue, L. 1963. Les eucalyptus au sud du Sahara. *Bois et Forêts des Tropiques*. 91: 11-22.
436. Beineke, W.F. 1967. Genetic variation in the ability to withstand transplanting shock in loblolly pine (*Pinus taeda* L.). *Dissertation Abstracts*. B 12(1): 4197.
437. Beinroth, F.H. 1974. Relationships between U.S. soil taxonomy, the Brazilian soil classification system, and FAO/UNESCO soil units. En: *Soil management in tropical America; proceedings of a seminar*; Cali, Colombia. Raleigh, NC: North Carolina State University: 92-108.
438. Beinroth, F.H. 1978. Some general aspects of soil formation in the Tropics. En: Green, R.E.; Ikawa, H., editores. *Report of a workshop on teaching introductory soil science including some special consideration of soils of the Tropics*. Misc. Pub. 169. Honolulu, HI: University of Hawaii, College of Tropical Agriculture and Human Resources, Hawaii Agricultural Experiment Station: 51-62.
439. Bell, G.S. 1976. Notes on natural regeneration in Dominica. *Commonwealth Forestry Review*. 55(1): 27-36.
440. Bell, T.I.W. 1971. Management of the Trinidad mora forests with special reference to the Matura Forest Reserve. Port of Spain, Trinidad and Tobago: Forestry Division. 70 p.
441. Bell, T.I.W. 1972. Manejo de los bosques de mora en Trinidad con especial referencia a la reserva forestal de Matura. *Boletín del Instituto Forestal Latino Americano de Investigación y Capacitación*. 41/42: 3-46.
442. Bell, T.I.W. 1973. Erosion in the Trinidad teak plantations. *Commonwealth Forestry Review*. 52(3): 223-233.
443. Bella, I.E. 1969. Competitive influence-zone overlap: a competition model for individual trees. Department of Fisheries and Forests of Canada, Bimonthly Research Note. 25(3): 24-25.
444. Bellouard, P. 1952. Rapport federal de l'A.O.F. En: *Proceedings, 1re conférence forestière Inter africaine*; Abidjan, Ivory Coast: 33-120.
445. Bender, D.R. 1971. Population and productivity in tropical forest bush fallow agriculture. En: Plgar, S., editor. *Culture and population: a collection of current studies*, Cambridge, MA; London, UK. Chapel Hill, North Carolina, University of NC: Carolina Population Center: 32-45.
446. Bene, J.G.; Beall, H.W.; Côte, A. 1976. Trees, food, and people: land management in the Tropics. Document IDRC-084e. Ottawa, Canada: International Development Research Centre. 52 p.
447. Benites, J.R. 1990. Agroforestry systems with potential for acid soils of the humid Tropics of Latin America and the Caribbean. *Forest Ecology and Management* 36: 81-101.
448. Bennema, J.; Camargo, M.N. 1964. Segundo esboço parcial de classificação de solos Brasileiros. Rio de Janeiro, Brazil: Ministério da Agricultura. [Páginas desconocidas].
449. Bennett, C.F. 1975. *Man and Earth's ecosystems*. New York, NY: John Wiley and Sons. 331 p.
450. Bennett, F.A. 1955. The effect of pruning on the height and diameter growth of planted slash pine. *Journal of Forestry*. 53(9): 636-638.
451. Benstead, R.J. 1954. Timber trees suitable for cacao shade. En: *Proceedings, West African international cacao research conference*. Tafo, Ghana: 1953: 96-98.
452. Berenhausen, H. 1973. Afforestation of coastal swamps and dunes at Rio Vermelho. *Floresta*. 4(2): 13-17.
453. Beresford-Pierse, H. 1962. Forestry and economic development. En: *Papers UNCSTAT Conference of the United Nations; 1962. Geneva, Switzerland. E/CONF.39/C/271*. [Lugar de publicación desconocido]: [Editorial desconocida]: 7 p.
454. Bergoro-Campagne, B. 1958. Evolution des méthodes d'enrichissement de la forêt dense de la Côte d'Ivoire. *Bois et Forêts des Tropiques*. 58/59: 17-31/19-35.
455. Bernard, F. 1952. Rapport sur certaines questions de sylviculture au Gabon. En: *Proceedings, 1re conférence forestière interafricaine*. Abidjan, Ivory Coast: 353-358.
456. Bernhard-Reversat, F. 1976. Essai de comparaison des cycles d'éléments minéraux dans les plantations forêt naturelle de Côte d'Ivoire. *Bois et Forêts des Tropiques*. 167: 25-38.
457. Berni, C.A.; Bolza, E.; Christensen, F.J. 1979. South American timbers--the characteristics, properties, and uses of 190 species. Melbourne, Australia: Commonwealth Scientific and Industrial Research Organization, Division of Building Research. 229 p.
458. Bertolani, F.; Nicolielo, N. 1977. Comportamento e programa de melhoramento genético dos *Pinus tropicais* na região de Agudos, São Paulo, Brazil. *Comunicação*

18. Brasilia, Brazil: Projeto de Desenvolvimento e Pesquisa Florestal. 18 p.
459. Bertrand, J. 1961. Restauration des Forêts dégradées (en Madagascar). Nogent-sur-Marne, France: Centre Technique Forestier Tropical. 30 p.
460. Best, R. 1962. Production factors in the Tropics. Netherlands Journal of Agricultural Science. 10(5): 347-353.
461. Betancourt, A. 1973. *Gmelina arborea*: development in Cuba in young plantations. Baracoa. 3(3/4): 4-27.
462. Betancourt-Barroso, A. 1972. Amelioration génétique de *Pinus caribaea* Morelet var. *caribaea* typique a Cuba, au moyen de la reproduction asexuée de phenotypes superieurs. Bois et Forêts des Tropiques. 142: 15-22.
463. Bevege, D.I. 1965. An investigation of cone and seed maturity of slash pine in southern Queensland. Australian Forestry. 29(3): 135-148.
464. Bevege, D.I. 1972. Girth and basal area growth of slash pine (*P. elliotii* var. *elliotii* Engl.) and their significance to plantation management in Queensland. Res. Pap. 2. Brisbane, Australia: Queensland Department of Forestry. 69 p.
465. Bevege, D.I. 1976. A green revolution in the high yield forest: rational silviculture or new technology? Australian Forestry. 39(1): 40-50.
466. Bevege, D.I.; Richards, B.N. 1970. Nitrogen in the growth of *Araucaria cunninghamii* underplanted in *Pinus* stands. Ecology. 51(1): 134-142.
467. Bevege, D.I.; Richards, B.N. 1972. Phosphorus deficiency diagnosis. En: Proceedings, Australian forest tree nutrition conference; 1971 September 6-17; Canberra, Australia. Canberra, Australia: Forestry and Timber Bureau: 349-365.
468. Bharathie, K.P. 1973. Improvement of nursery techniques for tropical pines in Sri Lanka (Ceylon). Sri Lanka Forester. 11(1/2 n.s.): 34-57.
469. Bhargava, O.P. 1948. Saline and alkaline soils and their afforestation problems. Indian Forester. 74(8): 303-305.
470. Bhargava, O.P. 1958. Tropical evergreen virgin forests of Andaman Islands. Indian Forester. 84(1): 20-29.
471. Bhat, A.S.; Menon, M.M.; Soundararajan, T.N. 1971. *Sesbania grandiflora*. Indian Forester. 97(3): 128-144.
472. Bhatia, C.L. 1984. *Eucalyptus* in India its status and research needs. Indian Forester. 110(2): 91-96.
473. Bhatnagar, H.P. 1959. The effect of root competition on the growth of sal natural regeneration. Indian Forester. 85(7): 408-414.
474. Bhimaya, C.P.; Kaul, R.N.; Ganguli, B.N. 1962. Sand dune rehabilitation in western Rajasthan. En: Proceedings, 5th world forestry congress; 1960 August 29-September 10; Seattle, Washington. Seattle, Washington, University of Washington: 358-363.
475. Bickerstaff, A. 1946. Balancing maximum increment per tree against maximum increment per acre. Silvicultural Leaflet 22. Ottawa, Canada: Canada Department of Mines and Resources, Dominion Forest Service. 2 p.
476. Biel, E.R. 1968. En: Trewartha, G. T., editor. An introduction to climate. 4a edición. New York, NY: McGraw Hill Book Company. 162 p.
477. Biraud, J.; Catinot, R. 1960. Les plantations artificielles d'okoume au Gabon. Bois et Forêt des Tropiques. 73: 3-23.
478. Biraud, J.; Catinot, R. 1961. The extension and rehabilitation of forests in Gabon. Nogent-sur-Marne, France: Centre Technique Forestier Tropical. 26 p.
479. Birdsey, R.A.; Weaver, P. 1982. The forest resources of Puerto Rico. Resour. Bull. SO-85. New Orleans, LA: U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Southern Forest Experiment Station. 59 p.
480. Birks, J.S.; Barnes, R.D. 1990. Provenance variation in *Pinus caribaea*, *P. oocarpa* and *P. patula* ssp. *tecunumanii*. Tropical Forestry Pap. 21. Oxford, UK: University of Oxford, Department of Plant Sciences, Oxford Forestry Institute. 40 p.
481. Bishop, J.P. 1978. The development of sustained yield tropical agro-ecosystems in the upper Amazon. Agro-Ecosystems. 4(4): 459-462.
482. Biswas, A.S.; Biswas, M.R. 1976. State of the environment and its implications to resource policy development. Bio-Science. 26(1): 19-25.
483. Blackman, T. 1980. Pulpwood forestry in Brazil: Olinkraft amasses experience. World Wood. 21(4): 28-29.
484. Blanford, H.R. 1925. Regeneration with the assistance of taungya in Burma. Indian Forest Records 11(3). Calcutta, India: Government of India, Central Publication Branch. 41 p.
485. Blanford, H.R. 1929. Regeneration of evergreen forests in Malaya. Indian Forester. 55: 333-353, 383-395.
486. Blaut, J.M. 1960. The nature and effects of shifting agriculture. En: Proceedings, 1960 Unesco symposium on the impact of man on humid tropics vegetation; 1960 September; Papua New Guinea. Papua New Guinea: United Nations Educational, Scientific, and Cultural Organization: 185-198.
487. Blumenstock, D.I. 1958. Distribution and characteristic of tropical climates. En: Proceedings, 9th Pacific science congress; 1957 November 18-December 9; Bangkok, Thailand. Bangkok, Thailand: Chulalongkorn University, Department of Science. 20: 3-24.
488. Boaler, S.B. 1959. *Conocarpus lancifolius* Engler in Somaliland Protectorate. Empire Forestry Review. 38(4): 371-379.
489. Boardman, R. 1978. Productivity under successive rotations of radiata pine. Australian Forestry. 41(3): 177-179.
490. Boerboom, J.H.A. 1964. The natural regeneration of the mesophytic forest of Surinam after exploitation. Part 1. Wageningen, Netherlands: Landbouwhogeschool. 56 p.
491. Boerboom, J.H.A. 1966. Some remarks on the natural regeneration of tropical rain forests with special reference to a method newly applied in Surinam. En: Proceedings, 6th world forestry congress; 1966 June;

- Madrid, Spain. Madrid, Spain: Food and Agriculture Organization of the United Nations, Comité de Edición; 3: 3187-3193.
492. Boerboom, J.H.A. 1974. Succession studies in the humid tropical lowlands of Surinam. En: Proceedings, 1st international congress on ecology. Structure, functioning and management of ecosystems. The Hague, Netherlands: Centre for Agricultural Publishing and Documentation: 343-347.
 493. Boerboom, J.H.A. 1975. Problemas del balance ecológico en los trópicos. Boletín del Instituto Forestal Latino Americano de Investigación y Capacitación. 49: 3-15.
 494. Bokkestijn, A.; Francis, J.K. [sin fecha] *Khaya senegalensis* Juss. Dry-zone mahogany. Publication SO-ITF-SM-5. Rio Piedras, PR: U.S. Department of Agriculture. Forest Service, Southern Forest Experiment Station. 4 p.
 495. Boland, D.J.; Brooker, M.I.H.; Chippendale, G.M., y otros. 1984-85. Forest trees of Australia. Melbourne, Australia: Commonwealth Scientific and Industrial Research Organization. 687 p.
 496. Boland, D.J.; Turnbull, J.W. 1981. Selection of Australian trees other than eucalypts for trials as fuelwood species in developing countries. Australian Forestry. 44(4): 235-246.
 497. Bolin, B. 1970. The carbon cycle. Scientific American. 223(3): 124-132.
 498. Bolt, A. 1961. Chicle, chewing gum from British Honduras. World Crops. 13(2): 58-59.
 499. Bolza, E.; Keating, W. G. 1972. African timbers--the properties, uses and characteristics of 700 species. Melbourne, Australia: Commonwealth Scientific and Industrial Research Organization. 721 p.
 500. Bonaparte, E.E.N.A. 1967. Interspecific competition in a cocoa shade and fertilizer experiment. Tropical Agriculture. 44(1): 13-17.
 501. Bonga, J.M.; Durzan, D.J. 1982. Tissue culture in forestry. The Hague, Netherlands: Martinus Nijhoff and W. Junk. 420 p.
 502. Bonner, J. 1962. The upper limit of crop yield. Science. 137: 11-15.
 503. Bonnet-Masimbert, M. 1972. L'enracinement de certaines essences de reboisement en Côte d'Ivoire. Bois et Forêts des Tropiques. 143: 23-34.
 504. Boo, E. 1990. Ecotourism: the potentials and pitfalls. Country case studies. Baltimore, MD. World Wildlife Fund. Vol. 2. 165 p.
 505. Boon, D.A. 1961. The evaluation of "grouping" tendency of tree species in tropical rain forest. ITC Inform. 2: Delft, The Netherlands: International Training Center Aerial Surv. 9 p.
 506. Boonking, S.A.; Fernandes, E.C.M.; Nair, P.K.R. 1984. Forest villages: an agroforestry approach to rehabilitating forest land degraded by shifting cultivation in Thailand. Agroforestry Systems. 2: 87-102.
 507. Booth, G.A. 1965. Forestry in the Khashm el Girba scheme. Sudan Silva. 16: 3-5.
 508. Booth, H.E. 1978. Integrated utilization of tropical forests. En: Proceedings, 8th World forestry congress; 1978 October 16-28; Jakarta, Indonesia. Jakarta, Indonesia: PT Gramedia; 6: 257-270.
 509. Booth, T.H. 1985. A new method for assisting species selection. Commonwealth Forestry Review. 64(3): 241-250.
 510. Booth, T.H.; Pryor, L.D. 1991. Climatic requirements of some commercially important eucalypt species. Forest Ecology and Management. 43: 47-60.
 511. Borges, Rita de C.G.; Brune, A.; Silva, J.C. [y otros]. 1980. Correlações entre caracteres de crescimento em *Eucalyptus grandis* W. Hill ex Maiden. Revista Arvore. 4(2): 146-156.
 512. Bormann, F.H.; Berlyn, G., editores. 1981. Age and growth rate of tropical trees. Bulletin 94. New Haven, CT: Yale University, School of Forestry and Environmental Studies. 137 p.
 513. Bormann, F.H.; Likens, G.E. 1981. Pattern and process in a forested ecosystem. Disturbance, development and the steady state based on the Hubbard Brook Ecosystem Study. New York, NY: Springer-Verlag. 256 p.
 514. Borota, J. 1965. Some notes on the growth and increment of the hundred-year-old plantation of *Eucalyptus globulus* in the Nilgiris Hills. Indian Forester. 91(6): 418-422.
 515. Borota, J. 1971a. The growth of the tree species at Kigogo Arboretum (Tanzania). Silvicultural Res. Note 20. Lushoto, Tanzania: Ministry of Natural Resources and Tourism, Silviculture Research Station. 7 p.
 516. Borota, J. 1971b. The growth of the tree species at Rondo Arboretum (Tanzania). Silvicultural Res. Note 19. Lushoto, Tanzania: Ministry of Natural Resources and Tourism, Silviculture Research Station. 5 p.
 517. Borota, J. 1971c. The growth of tree species in Lushoto Arboretum. Silvicultural Res. Note 23. Lushoto, Tanzania: Ministry of Natural Resources and Tourism, Silviculture Research Station. 24 p.
 518. Borota, J.; Procter, J. 1967. A review of softwood thinning practice and research in Tanzania. En: Proceedings, FAO world symposium on man-made forests and their industrial importance; 1967 April 14-25; Canberra, Australia. Rome, Italy: Food and Agriculture Organization of the United Nations; 3: 1683-1694.
 519. Bosshard, W.C. 1966. Coppicing of *Acacia tortilis*. Forest Res. Education Project Pamphlet 17. Khartoum, Sudan: Forest Department. 14 p.
 520. Bosshard, W.C.; von Wendorff, G.B. 1966. *Conocarpus lancifolius* and its possibilities in the Sudan. Forest Res. Education Project Pamphlet 18. Khartoum, Sudan: Forest Department. 28 p.
 521. Boswell, A.B.S. 1940. Rainfall and the flowering of *Shorea*. Malayan Forester. 9(4): 175-177.

522. Boulbet, J. 1975. Paysans de la forêt. Publications l'école française d'extreme-orient. World Agriculture, Rural Economics and Rural Sociology Abstracts. 19(1202): 163.
523. Boulet-Gercourt, M. 1977. Monographie du *Gmelina arborea*. Bois et Forêts des Tropiques. 172: 3-23.
524. Bourne, R. 1935. The efficiency of irregular stocking. Empire Forestry Review. 14(2): 215-227.
525. Bowen, M.R.; Whitmore, T.C. 1980. *Agathis*--a genus of fast growing rain forest conifers. Commonwealth Forestry Review. 59(3): 307-310.
526. Bowen, G.D.; Nambiar, E.K.S. 1985. Nutrition of plantation forests. Orlando, FL: Harcourt Brace Jovanovich. 516 p.
527. Bower, D.R.; Blocker, W.W. 1966. Accuracy of bands and tape for measuring diameter increments. Journal of Forestry. 64(1): 21-22.
528. Boyce, J.S. 1954. Forest plantation protection against diseases and insect pests. Forestry Development Pap. 3. Rome, Italy: Food and Agriculture Organization of the United Nations. 41 p.
529. Boyce, S.G.; Cost, N.D. 1978. Forest diversity, new concepts and applications. Res. Pap. SE-194. Asheville, NC: U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Southeastern Forest Experiment Station. 36 p.
530. Boyd, J.D. 1968. Effect of plantation conditions on wood properties and utilization. En: Proceedings, world symposium on man-made forests and their industrial importance; 1967 April 14-24; Canberra, Australia. Rome, Italy: Food and Agriculture Organization of the United Nations: 791-821.
531. Brams, E. 1973. Soil organic matter and phosphorus relationships under tropical forests. Plant and Soil. 39: 465-468.
532. Brandi, R.M.; de Barros, N.F. 1970. Comparação de tipos de recipientes, no plantios de *Eucalyptus* spp. Revista Ceres. 17(92): 158-170.
533. Brandi, R.M.; de Barros, N.F. 1971. Rooting of cuttings of *Pinus caribaea* var. *hondurensis*. Revista Ceres. 18(98): 270-278.
534. Brandi, R.M.; de Barros, N.F.; do Vale, A.B. 1971. Ensaio de adubação de *Eucalyptus* spp. Revista Ceres. 18(96): 151-158.
535. Brasil, M.A.M.; Ferreira, M. 1971. Variação da densidade básica da madeira de *Eucalyptus alba* Reinw., *E. saligna* Smith, *E. grandis* Hill ex Maiden aos 5 anos de idade, em função do local e do espaçamento. IPEF (Instituto de Pesquisa e Estudos Florestais). 2/3: 129-149.
536. Brasnett, N.V. 1949. Enrichment of tropical mixed deciduous forest by planting. Forestry Abstracts. 10(4): 447-454.
537. Brassell, H.M.; Unwin, L.; Stocker, G.C. 1980. The quantity, temporal distribution and mineral element content of litterfall in two forest types at two sites in tropical Australia. Journal of Ecology. 68(1): 123-140.
538. Bray, J.R.; Gorham, E. 1964. Litter production in forests of the world. En: Cragg, J.B., editor. Advances in ecological research. New York, NY: Academic Press; 2:100-158.
539. Brazier, J. 1978. Complete integrated utilization of tropical forests. En: Special paper, FID/11/20, 8th world forestry congress; 1978 October 16-28; Jakarta, Indonesia. Jakarta, Indonesia: Organizing Committee of the Congress. 12 p.
540. Brazier, J.D.; Hughes, J.F.; Tabb, C.B. 1976. Exploitation of natural tropical forest resources and the need for genetic and ecological conservation. En: Burley, J.; Styles, B.T., editores. Tropical trees: variation, breeding, and conservation. Symposium Series 2. London, UK: Linnean Society: 1-10.
541. Bredenkamp, B. 1980. Initial spacing of *Pinus patula* for maximum yield of pulpwood over a 16 year rotation. South African Forestry Journal. 115: 47-49.
542. Breteler, F.J. 1977. America's Pacific species of *Rhizophora*. Acta Botanica Neerlandica. 26(3): 225-230.
543. Brewbaker, J.L. 1975. Registration of Hawaiian giant K8 *Leucaena*. Crop Science. 15: 885-886.
544. Brewbaker, J.L.; Plucknett, D.L.; Gonzalez, V. 1972. Varietal variation and yield trials of *Leucaena leucocephala* (koa haole) in Hawaii. Res. Bull. 166. Honolulu, HI: University of Hawaii, Hawaii Agricultural Experiment Station. 29 p.
545. Brinkman, W.L.F.; Goes Ribeiro, M.N. 1971. Air temperatures in central Amazonia. Acta Amazonica. 1(3): 27-32.
546. Brinkman, W.L.F.; Nascimento, J.C. de 1973. The effect of slash and burn agriculture on plant nutrients in the Tertiary region of central Amazonia. Acta Amazonica. 3(1): 55-61.
547. Brinkman, W.L.F.; Vieira, A.B. 1971. The effect of burning on germination of seeds at different soil depths of different tropical tree species. Turrialba. 21: 77-82.
548. Briscoe, C.B. 1959. Early results of mycorrhizal inoculation of pine in Puerto Rico. Caribbean Forester. 20(3/4): 73-77.
549. Briscoe, C.B. 1960. Lifting pine seedlings. Tropical Forestry Note 3. Rio Piedras, PR: U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Tropical Forest Research Center. 2 p.
550. Briscoe, C.B. 1961. Ensayos de plantación estadísticamente válidos. Caribbean Forester. 22(3/4): 64-68.
551. Briscoe, C.B. 1962. Early lifting of pine seedlings. Tropical Forestry Note 10. Rio Piedras, PR: U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Institute of Tropical Forestry. 2 p.
552. Briscoe, C.B. 1990. Manual de ensayos de campo con árboles de usos múltiples. Manual número 3. Arlington, VA: Winrock International Institute for Agricultural

- Development. Serie de la red de investigación sobre árboles de usos múltiples. 143 p.
553. Briscoe, C.B.; Nobles, R.W. 1966. Effects of pruning teak. Res. Note ITF-11. Rio Piedras, PR: U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Institute of Tropical Forestry. 6 p.
 554. Briscoe, C.B.; Ybarra-Coronado, R. 1971. Increasing growth of established teak. Res. Note ITF-13. Rio Piedras, PR: U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Institute of Tropical Forestry. 7 p.
 555. Briscoe, C.B.; Ybarra-Coronado, R. 1972. Increasing growth of established teak. Commonwealth Forestry Review. 51(4): 290-294.
 556. Briscoe, C. Buford. 1989. Field trials manual for multipurpose tree species. Manual No. 3. Arlington, VA: Winrock International Institute for Agricultural Development, Multipurpose tree species network technical series. 163 p.
 557. Bristol, M.L. 1968. Natural regeneration of *Pinus cubensis*. Turrialba. 18(3): 282-287.
 558. Britwum, S.P.K. 1970. Vegetative propagation of some tropical forest trees. Technical Newsletter 4(1). Accra, Ghana: Forest Products Research Institute. 10 p.
 559. Britwum, S.P.K. 1976. Natural and artificial regeneration practices in the high forest of Ghana. Ghana Forestry Journal. 2: 45-49.
 560. Broadfoot, W.M. 1966. Five years of nitrogen fertilization in a sweetgum oak stand. Res. Note SO-34. New Orleans, LA: U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Southern Forest Experiment Station. 3 p.
 561. Broerman, F.S. 1967. Nitrogen-phosphorus fertilization of slash pine. Woodlands Res. Note 18. Savannah, GA: Union Camp Corporation. 4 p.
 562. Brookman-Amissah, J. 1976. Agri-silviculture potential in the moist tropical zone of Ghana. Ghana Forestry Journal. 2: 11-15.
 563. Brooks, E.C.P.; Hunt, T.M. 1930. The zonal distribution of rainfall over the Earth. Memoirs, Royal Meteorological Society. 3: 139-158.
 564. Brooks, R.L. 1938. Notes on the growing of teak (*Tectona grandis* L.f.) in Trinidad. Leaflet 7. Port of Spain, Trinidad and Tobago: Forestry Department. 14 p.
 565. Brooks, R.L. 1941a. The Lands Advisory Committee of Trinidad. Empire Forestry Journal. 20(1): 60-61.
 566. Brooks, R.L. 1941b. The regeneration of mixed rain forest in Trinidad. Caribbean Forester. 2(4): 164-173.
 567. Brooun, A.E. 1912. Silviculture in the Tropics. London, UK: MacMillan and Company. 309 p.
 568. Brouard, N.R. 1960. A brief account of the 1960 cyclones and their effects on exotic plantations in Mauritius. Empire Forestry Review. 39(4): 411-416.
 569. Brouard, N.R. 1967. Damage by tropical cyclones to forest plantations with particular reference to Mauritius. Port Novis, Mauritius: Government Printer. 8 p.
 570. Browder, J.O. 1989. Lumber production and economic development in the Brazilian Amazon: regional trends and a case study. World Forest Resource Management. 4: 1-19.
 571. Brown, J.R.L. 1965. Spacing in softwood plantations in western Uganda. Commonwealth Forestry Review. 44(1): 33-39.
 572. Brown, S.; Lugo, A.; Chapman, J. 1986. Biomass of tropical tree plantations and its implications for the global carbon budget. Canadian Journal of Forest Research. 16(2): 390-394.
 573. Browne, F.G. 1949. Storm forest in Kelantan. Malayan Forester. 12(1): 28-33.
 574. Bruenig, E.F.; Poker, J. 1989. Management of tropical rainforest. Baden-Baden, Federal Republic of Germany: German Foundation for International Development. 112 p.
 575. Brunck, F. 1972. L'utilisation de phytocides dans les pepinières forestières tropicales. Bois et Forêt des Tropiques. 141: 31-39.
 576. Brune, A.; Melchior, G.H. 1976. Ecological and genetical factors affecting exploitation and conservation of forests in Brazil and Venezuela. En: Burley, J.; Styles, B.T., editores. Tropical trees: variation, breeding, and conservation. Symposium Series 2. London, UK: Linnean Society: 203-215.
 577. Bruner, H.D.; Moser, J.W., Jr. 1973. A Markov chain approach to the prediction of diameter distributions in uneven-aged forest stands. Canadian Journal of Forest Research. 3(3): 409-417.
 578. Brunig, E.F. 1967. On the limits of vegetative productivity in the tropical rain forest and the boreal coniferous forest. Journal of the Indian Botanical Society. 46(4): 314-322.
 579. Brunig, E.F. 1969. Forestry on tropical Podzols and related soils. Tropical Ecology. 10(1): 45-58.
 580. Brunig, E.F. 1971. Forstliche produktionslehre. Europ. Univ. Schriftnr. XXV. Forts-und Holzwirtsch. Frankfurt, Republic of West Germany: Bd. I, Herh. Lang Verl. Bern, Peter Lang. 318 p.
 581. Brunig, E.F. 1973a. Biomass diversity and biomass sampling in tropical rain forest. En: Young, H.E., editor. IUFRO biomass studies. Orono, ME: University of Maine: 269-293.
 582. Brunig, E.F. 1973b. Species richness and stand diversity in relation to site and succession of forests in Sarawak and Brunei (Borneo). Amazonia. 4: 293-320.
 583. Brunig, E.F. 1975. Tropical ecosystems: state and targets of research into the ecology of humid tropical ecosystems. Plant Research and Development. 1: 22-38.
 584. Brunig, E.F. 1979. Utilization of the world's forests: possibilities and limitations. Applied Sciences and Development. 14: 15-25.
 585. Brunig, E.F.; Buch, M.; Heuvelodp, J. [y otros]. 1975. Stratification of the tropical moist forest for land use

- planning. Mitteilungen der Bundesforschungsanstalt für Forst-und Holzwirtschaft. 109: 1-57.
586. Brunig, E.F.; Klinge, H. 1975. Structure, functioning, and productivity in humid tropical forest ecosystems in parts of the neotropics. Mitteilungen der Bundesforschungsanstalt für Forst-und Holzwirtschaft. 109: 87-115.
 587. Bryan, L.W. 1947. Twenty-five years of forestry work on the island of Hawaii. Hawaiian Planter Record. 51(1): 1-80.
 588. Bryan, M.B. 1981. Studies of timber growth and mortality in the mixed dipterocarp forest of Sarawak. Field Document FAO:MAL/76/008. Kuching, Sarawak, Indonesia: Food and Agriculture Organization of the United Nations. 56 p.
 589. Bryant, B.S.; Williston, C.H. 1978. Plantation-grown multiple-use trees for tropical countries. Paper, 8th world forestry congress; 1978 October 16-28; Jakarta, Indonesia. Jakarta, Indonesia: Organizing Committee of the Congress. 11 p.
 590. Bryant, C.L. 1968. The effect of weed control on the growth of young teak in Tanzania. Silviculture Res. Note 8. Lushoto, Tanzania: Ministry of Natural Resources and Tourism, Silviculture Research Station. 2 p.
 591. Buch, C. 1971. Increment of *Araucaria angustifolia* in natural forest. En: Actas del 1er congreso forestal de Argentina; 1969 October 6-11; Buenos Aires, Argentina. Buenos Aires, Argentina: Palacio del Concejo Deliberante: 781-785.
 592. Buckman, R.E. 1990. The role of research in tropical forestry. Unasylva. 41: 39-43.
 593. Budowski, G. 1955. Algunos pinos y otras coníferas de la América Central y sus posibilidades para Venezuela. Merida, Venezuela: Universidad de los Andes. Boletín de la Facultad de Ingeniería Forestal. 2(8): 7-22.
 594. Budowski, G. 1956. Sistemas de regeneración de los bosques de bajura en la América tropical. Caribbean Forester. 17(3/4): 53-75.
 595. Budowski, G. 1959. Prácticas forestales de interés para el cultivo de café. Turrialba. 1(3): 49-52.
 596. Budowski, G. 1964a. The classification of natural habitats in need of preservation in Central America. Turrialba, Costa Rica: Instituto Interamericano de Ciencias Agrícolas. 35 p.
 597. Budowski, G. 1964b. Holdridge's world classification of life zones--a reappraisal. Turrialba. 14(1): 96-110.
 598. Budowski, G. 1965. Distribution of tropical American rain forest species in the light of successional processes. Turrialba. 15(1): 40-42.
 599. Budowski, G. 1970. The distinction between old secondary and climax species in tropical Central America lowland forests. Tropical Ecology. 11: 44-48.
 600. Budowski, G. 1976. Why save tropical rain forests. Amazonia. 5(4): 529-538.
 601. Budyko, M.I. 1962. The heat balance of the surface of the Earth. Soviet Geographical Review. 3: 3-16.
 602. Buenaventura, S. 1958. Reforestation of "cogonales" in the Philippines. Filipino Forester. 9/10: 28-33.
 603. Buffe, J. 1961a. Les plantations de *Casuarina equisetifolia* (Filao) dans le sud-Dahomey. Nogent-sur-Marne, France: Centre Technique Forestier Tropical. 11 p.
 604. Buffe, J. 1961b. Les plantations de teck au Dahomey. Nogent-sur-Marne, France: Centre Technique Forestier Tropical. 18 p.
 605. Buffe, J. 1962. Les plantations de *Casuarina equisetifolia* (Filao) dans le sud-Dahomey. Bois et Forêts des Tropiques. 84: 13-20.
 606. Bunn, E.H. 1968. Growth rates, yields and yield prediction, continuous inventory and productivity. En: Proceedings, FAO world symposium on man-made forests and their industrial importance; 1967 April 14-24; Canberra, Australia. Rome, Italy: Food and Agriculture Organization of the United Nations: 573-599.
 607. Bunting, A.H. 1976. Maximizing the product, or how to have it both ways. En: Cannell, M.G.R.; Last, F.T., editores. Tree physiology and yield improvement. New York, NY: Academic Press: 20.
 608. Buol, S.W. 1972. Soil genesis, morphology, and classification. En: Sanchez, P.A., editor. A review of soils research in tropical Latin America. Technical Bull.219. Raleigh, NC: North Carolina Agricultural Experiment Station: 1-38.
 609. Burger, D. 1975. Fator e fórmula de Matthews. Floresta. 6(2): 32-38.
 610. Burgers, T.F. 1960. El crecimiento de los eucaliptos en regiones semihúmedas y semiáridas. Caribbean Forester. 21(1/2): 24-37.
 611. Burgers, T.F. 1971. The correlated curve trend (C.C.T.) method used for growth prediction in thinned stands of *Pinus patula*. Forestry in South Africa. 12: 11-17.
 612. Burgess, P.F. 1961. The structure and composition of lowland tropical rain forest in North Borneo. Malayan Forester. 24: 66-80.
 613. Burgess, P.F. 1970. An approach towards a silvicultural system for the hill forests of the Malay Peninsula. Malayan Forester. 33(2): 126-134.
 614. Burgess, P.F. 1971. The effect of logging on hill dipterocarp forests. Malayan Nature Journal. 24: 231-237.
 615. Burgess, P.F. 1972. Studies on the regeneration of the hill forests on the Malay Peninsula. Malayan Forester. 35: 103-123.
 616. Burgess, P.F. 1975. Silviculture in the hill forests of the Malay Peninsula. Res. Pamphlet 66. Kepong, Malaysia: Forest Research Institute. 100 p.
 617. Burgos, L.J.A. 1955. Posibilidades de la repoblación natural y semiartificial del tornillo, *Cedrelinga catenaeformis* Ducke, en Tingo Maria. Boletín Trimestral de Experimentación Agropecuaria. 4(3): 7-9.

618. Burley, J. 1966. Review of variation in slash pine (*Pinus elliottii* Engelm.) and loblolly pine (*P. taeda* L.) in relation to provenance research. Commonwealth Forestry Review. 45(4): 322-338.
619. Burley, J. 1969. Methodology for provenance trials in the Tropics. Unasylva. 23(3): 24-28.
620. Burley, J. 1970. Variation in wood properties of *Pinus kesiya* Royle ex Gordon (syn. *P. khasya* Royle; *P. insularis* Endlicher); eighteen trees of Burma provenance grown in Zambia. Wood Science and Technology. 4: 255-266.
621. Burley, J. 1976. Genetic systems and genetic conservation of tropical pines. En: Burley, J.; Styles, B. T., editores. Tropical trees: variation, breeding, and conservation. Symposium Series 2. London, UK: Linnean Society: 85-100.
622. Burley, J. 1980a. Choice of tree species and possibility of genetic improvement for small holder and community forests. Commonwealth Forestry Review. 59(3): 311-326.
623. Burley, J. 1980b. Obstacles to tree planting for wood fuel in arid and semiarid lands with particular reference to India and Kenya. International Tree Crops Journal. 1: 147-161.
624. Burley, J. 1980c. Selection of species for fuelwood plantations. Commonwealth Forestry Review. 59(2): 133-147.
625. Burley, J. 1987. International forestry research networks--objectives, problems, and management. Unasylva 39(157/158): 1-84 p.
626. Burley, J.; Armitage, F.B.; Barnes, R.D.; y otros 1989. Forestry research in eastern and southern Africa. Tropical Forestry Pap. 19. Oxford, UK: University of Oxford, Department of Forestry, Oxford Forestry Institute. 57 p.
627. Burley, J.; Awan, A.B. 1973. Preliminary investigation of a fertilizer trial of *Pinus caribaea* var *caribaea*: a representative study of design and analysis. Baracoa. 3(1/2): 11-24.
628. Burley, J.; Kemp, R.H. 1973. Centralized planning and international cooperation in the introduction and improvement of tropical tree species. Commonwealth Forestry Review. 52(4): 335-343.
629. Burley, J.; Nikles, D.G., editores. 1973. Proceedings of a joint meeting on tropical provenance and progeny research and international cooperation; 1973 October 22-26; Nairobi, Kenya. Oxford, UK: University of Oxford, Department of Forestry, Commonwealth Forestry Institute. 597 p.
630. Burley, J.; Stewart, J.L., editores. 1985. Increasing productivity on multipurpose species. Proceedings of IUFRO planning workshop on forest research and technology transfer; 1984 July 16-28; Kandy, Sri Lanka. Oxford, UK. 560 p.
631. Burley, J.; Wood, P.J., compiladores. 1976. A manual on species and provenance research with particular reference to the Tropics. Tropical Forestry Pap. 10. Oxford, UK: University of Oxford, Department of Forestry, Commonwealth Forestry Institute. 226 p.
632. Burley, J.; Wood, P.J., editores. 1977. Special appendices to a manual on species and provenance research with particular reference to the Tropics. Tropical Forestry Pap. 10A. Oxford, UK: University of Oxford, Department of Forestry, Commonwealth Forestry Institute. 63 p.
633. Burns, R.M.; Mosquera, M. 1988. Useful trees of tropical North America. Publication 3. Washington, DC: North American Forestry Commission. 115 p. Veá también: Burns, R.M.; Mosquera, M.; Whitmore, J.L. 1998. Árboles útiles de la región tropical de América del Norte. COFAN #3. Comisión Forestal de América del Norte (FAO). Washington, DC. 291 p.
634. Burtt-Davy, J. 1938. The classification of tropical woody vegetation types. Institute Pap. 13. Oxford, UK: University of Oxford, Imperial Forestry Institute. 85 p.
635. Busby, R.J.N. 1967. Reforestation in Fiji with large-leaf mahogany. En: Papers, 9th British Commonwealth forestry conference; 1968 January 3-27; New Delhi, India. Suva, Fiji: Department of Forestry, Research Division. 8 p.
636. Butt, R.A. 1962. Trials of species for timber planting in the savanna woodland zone of north Uganda. En: Papers, 8th British Commonwealth forestry conference; 1962, Nairobi, Kenya [Lugar de publicación/editorial desconocidos]. 32 p.
637. Caballero Deloya, M.; Prado Ortiz, A. 1969. Observaciones preliminares en una plantación experimental de *Pinus patula* y *Pinus leiophylla*. Bol. Tec. 28. Coyoacan, Mexico: Instituto Nacional de Investigaciones Forestales. 21 p.
638. Caballero Deloya, M.; Toral Chacon, J. 1967. Efectos del tamaño de semilla y de tres tipos de sustrato en la germinación y desarrollo inicial de *Pinus pseudostrobus* var. *oaxacana* Martínez. Bol. Tec. 23. Coyoacan, Mexico: Instituto Nacional de Investigaciones Forestales. 35 p.
639. Caguioa, V. 1952. Planting exotic species in the Philippines. Doc. APFC-52/49. Rome, Italy: Food and Agriculture Organization of the United Nations; Asia Pacific Forestry Commission. 17 p.
640. Cahusac, A.B. 1950. Notes on the growth and yield of *Eucalyptus saligna* and *Eucalyptus robusta* from plantations at Kampala, Uganda. Special Subject. Oxford, UK: University of Oxford, Imperial Forestry Institute. 18 p.
641. Cain, S.A. 1944. Foundations of plant geography. New York, NY: Harper and Brothers. 556 p.

642. Cain, S.A.; Castro, G.M.O.; Pires, J.M. [y otros]. 1956. Application of some phytosociological techniques to Brazilian rain forest. *American Journal of Botany*. 43(10): 911-941.
643. Cajander, A.K. 1926. The theory of forest types. *Acta Forestalia Fennica*. 29: 1-108.
644. Cameron, D.M.; Rance, S.J.; Williams, E.R. 1981. Fertilizer responses of *Pinus caribaea* var *hondurensis* on a tropical Red Earth. *Australian Forest Research*. 11: 35-45.
645. Campinhas, E.; Ikemori, Y.K. 1977. Tree improvement program of *Eucalyptus* spp: preliminary results. *Informativo Tec.* 3. Aracruz, Brazil: Centro de Pesquisas Florestais da Aracruz. 22 p.
646. Candido, J.F. 1971. Comparação da especies de eucalipto para produção de lenha em Vicosá. Minas Gerais. *Revista Ceres*. 18(95): 53-59.
647. Caneda, G.F. 1963. Five-year growth and yield of residual forest in Rapu-Rapu Valley. *Occasional Pap.* 12. Manila, Philippines: Bureau of Forestry. 11 p.
648. Cannon, P.G. 1980. Resultados a un año del efecto de la preparación de sitio en plantaciones de *Pinus* y *Eucalyptus*. *Informe de Investigación* 56. Cali, Colombia: Carton de Colombia. 4 p.
649. Cannon, P.G. 1981. Fertilización de plantaciones con NPK, calcos y borax; resultados al final de cuatro años. *Informe de Investigación* 68. Cali, Colombia: Carton de Colombia. 10 p.
650. Carbonnier, L.; Lanner, G. 1979. Aracruz: forestry creates a business or how foresters aim for profitability. *World Wood*. 20(6): 24-26.
651. Carey, I.Y. 1960. Methods of cultivation among the Kalantan Temiar. En: *Proceedings, Symposium on the impact of man on humid tropics vegetation*; Goroka, Papua New Guinea. Goroka, Papua New Guinea: United Nations Educational, Scientific, and Cultural Organization: 207-214.
652. Carlisle, A.; Brown, A.H.F.; White, E.J. 1967. The nutrient content of rainfall and its role in the forest nutrient cycle. En: *Papers, 14th International Union of Forestry Research Organizations (IUFRO) Congress*. 1967, Munich, Federal Republic of Germany: IUFRO, Vienna, Austria 145-158.
653. Carlisle, A.; Teich, A.H. 1975. The economics of tree improvement. En: *Proceedings, 15th meeting of the Canadian Tree Improvement Association*; Ontario, Canada. Ontario, Canada: Canadian Forestry Service, Petawawa Forest Experiment Station; 2: 42-56.
654. Carlson, L.W.; Shea, K. 1986. Increasing productivity of multipurpose lands. *Proceedings of a IUFRO research planning workshop for African Sahelian and North Sudanian Zones*; Nairobi, Kenya. Hull, Ontario, Canada: Canadian Forest Service. 333 p.
655. Carlson, N.K.; Bryan, L.W. 1959. Hawaiian timber for the coming generations. Honolulu, HI: Trustees of the Bernice P. Bishop Estate. 112 p.
656. Carlton, J.M. 1974. Land-building and stabilization by mangroves. *Environmental Conservation*. 1(4): 285-294.
657. Carlyle, J.C. 1986. Nitrogen cycling in forested ecosystems. *Forestry Abstracts*. 47(5): 307-336.
658. Carneiro, R.L. 1961a. Slash-and-burn agriculture: a closer look at its implications for settlement patterns. En: Wallace, A.F.C., editor. *Men and cultures*. Philadelphia, PA: University of Pennsylvania Press: 229-234.
659. Carneiro, R.L. 1961b. Slash and burn cultivation among the Kinkuru and its implications for cultural development in the Amazon Basin. En: Wilbert, J., editor. *The evolution of horticultural systems in native South America*. Caracas, Venezuela: Anthropologica, Supplement 2: 47-68.
660. Carrapiett, J.B. 1955. Regeneration of teak in Burma. *Burmese Forester*. 5(1): 47-57.
661. Carter, G.S. 1934. Results of the Cambridge expedition to British Guiana, 1933: the fresh waters of the rain forest areas of British Guiana. *Journal of the Linnean Zoological Society*. 39(264): 147-193.
662. Carter, W.G. 1974. Growing and harvesting eucalypts on short rotations for pulping. *Australian Forestry*. 36(3): 214-225.
663. Carvalho, J.S. 1954. A *Cupressus lusitanica* em São Paulo. *Anuario Brasileiro de Economia Florestal*. 7: 124-142.
664. Carvalho Filho, A.P.; Marques, L.C.T. 1979. Seleção de especies promissoras para atividades de reflorestamento em função das características silviculturais relatorio técnico de avaliação preliminar. *Brasil Florestal*. 10(37): 72-87.
665. Castro, C. 1951. Propagación vegetativa del cedro. *Agricultura Tropical*. 7(9): 49-51.
666. Cater, J.C. 1941. The formation of teak plantations in Trinidad with the assistance of peasant contractors. *Caribbean Forester*. 2(4): 147-153.
667. Cater, J.C. 1945. The silviculture of *Cedrela mexicana*. *Caribbean Forester*. 6(2): 89-113.
668. Catinot, R. 1952. Rapport sur certaines questions de silviculture en Oubangi-Chari. En: *Proceedings, 1re conférence interafricaine forestière*; Abidjan, Ivory Coast: [Lugar de publicación desconocido]: [Editorial desconocida] 359-366.
669. Catinot, R. 1962. Note sur la croissance de l'okoume en plantations artificielles serrés. *Bois et Forêts des Tropiques*. 85: 13-23.
670. Catinot, R. 1965. Sylviculture en forêt dense Africaine. *Bois et Forêts des Tropiques*. 100: 5-18; 101: 3-16; 102: 3-16; 103: 3-16; 104: 17-29.
671. Catinot, R. 1967. Sylviculture tropical dans les zones sèches de l'Afrique. *Bois et Forêts des Tropiques*. 111: 19-32; 112: 3-29.
672. Catinot, R. 1969a. Les éclaircies dans les peuplements artificiel de forêt dense Africaine. *Bois et Forêts des Tropiques*. 126: 15-38.
673. Catinot, R. 1969b. Results of enrichment planting in the Tropics. En: *Report of the 2d session, FAO Committee*

- on Forest Development in the Tropics. Rome, Italy: Food and Agriculture Organization of the United Nations: 38-43.
674. Catinot, R. 1974. Le present et l'avenir des Forêts tropicales humides. Bois et Forêts des Tropiques. 154: 3-26.
675. Catinot, R. 1979. The utilization of tropical forests as a source of energy--the present and future potentials. Bois et Forêts des Tropiques. 184: 3-30.
676. Catinot, R. 1984. En Afrique francophone l'avenir forestier tropical se jouera dans le cadre du monde rural. Bois et Forest des tropiques. 203: 7-43.
677. Catinot, R.; Leroy-Deval, J. 1960. Essais de destruction de la forêt dense par empoisonnement au Gabon. Bois et Forêts des Tropiques. 69: 3-16.
678. Cedeño Sánchez, O. 1976. Campo experimental forestal El Tormento, Campeche. Ciencia Forestal. 1(3): 75-82.
679. Chable, A.C. 1967. Reforestation in the Republic of Honduras, Central America. Ceiba. 13(2): 1-56.
680. Chadwick, A.C.; Sutton, S.L. 1984. Tropical rain forest: the Leeds symposium. Leeds, UK: The Leeds Philosophical and Literary Society. 335 p.
681. Chaffey, D.R. 1973. Decline in productivity under successive rotations of forest monoculture. London, UK: Overseas Development Administration, Foreign and Commonwealth Office, Land and Resources Division. 48 p. [Sin publicar].
682. Chalmers, W.S. 1962. The breeding of pine (*Pinus caribaea* Mor) and teak (*Tectona grandis* L.) in Trinidad: some early observations. Port of Spain, Trinidad and Tobago: Government Printing Office. 10 p.
683. Champion, H.G. 1930. Second interim report on the progress of investigations into the origin of twisted fiber in *Pinus longifolia* Roxb. Indian Forester. 56(12): 511-520.
684. Champion, H.G. 1932. The problem of the pure teak plantation. Indian Forest Bull. 78. Dehra Dun, India: [Editorial desconocida]: [Páginas desconocidas].
685. Champion, H.G. 1933. European silvicultural research, part 4--mixtures. Indian Forester. 59: 22.
686. Champion, H.G. 1934a. Preservation plots and protected trees. En: Proceedings, 4th silvicultural conference; 1934 October 28-November 4; Dehra Dun, India. Simla, India: Government of India Press: 261-266.
687. Champion, H.G. 1934b. Regeneration of tropical evergreen forests. En: Proceedings, 4th silvicultural conference; 1934 October 28-November 4; Dehra Dun, India. Simla, India: Government of India Press: 137-168.
688. Champion, H.G. 1934c. Seasonal progress of height growth in trees. Indian Forest Bull. 88. Dehra Dun, India: Indian Forest Service. 13 p.
689. Champion, H.G. 1936a. A preliminary survey of the forest types of India and Burma. New Delhi, India: Indian Forest Records (New Series). Silviculture. 1(1): [Páginas desconocidas].
690. Champion, H.G. 1936b. The regeneration of tropical evergreen forests. Indian Forester. 62(5): 289-294.
691. Champion, H.G. 1936c. Which way conversion? Empire Forestry Journal. 15(1): 25-28.
692. Champion, H.G. 1943. Seed selection in forestry. Nature. 152(3856): 354.
693. Champion, H.G. 1949. Biology and technique of afforestation. En: Proceedings, World forestry congress; 1949; Brasilia, Brasil. [Lugar de publicación/editorial desconocidos] I: 14-20.
694. Champion, H.G. 1956. Extracts from memorandum on visit to Northern Rhodesia. Salisbury, Southern Rhodesia: Department of Forestry. Forestry News, August: 30-31.
695. Champion, H.G.; Brasnett, N.V. 1957. Regional climates and vegetation. Unasylva. 11(1): 14-18.
696. Champion, H.G.; Brasnett, N.V. 1958. Choice of tree species. Forestry Development Pap. 13. Rome, Italy: Food and Agriculture Organization of the United Nations. 307 p.
697. Champion, H.G.; Griffith, A.L. 1960. Manual of general silviculture for India. Calcutta, India: Government of India Press. 329 p.
698. Champion, H.G.; Seth, S.K. 1968. General silviculture for India. New Delhi, India: Government of India, Manager of India. 511 p.
699. Champion, H.G.; Trevor, G. 1938. Manual of Indian silviculture. Oxford, UK: University of Oxford Press. 374 p.
700. Champsoloix, R. 1958. Le pin a 3 feuilles do Langbian (*Pinus khasya* Royle). Bois et Forêts des Tropiques. 57: 3-11.
701. Chan Hing Hon; Liew That Chim. 1978. Major management problems in dipterocarp forests in Sabah. Malaysian Forester. 41(2): 201-208.
702. Chandler, T.; Spurgeon, D. 1979. International cooperation in agroforestry. Nairobi, Kenya: International Council for Research in Agroforestry. 469 p.
703. Chang, J. 1968. The agricultural potential of the humid Tropics. Geographical Review. 58: 334-361.
704. Chapman, G.W.; Allan, T.G. 1978. Establishment techniques for forest plantations. Forestry Pap. 8. Rome, Italy: Food and Agriculture Organization of the United Nations. 183 p.
705. Chapman, J. 1973. Manual on establishment techniques in man-made forests. Document FO:MISC/73/3. Rome, Italy: Food and Agriculture Organization of the United Nations. 108 p.
706. Chapman, V.J. 1976. Mangrove vegetation. Vaduz, Liechtenstein: J. Cramer. 447 p.
707. Chapuis, J. 1955. Le mahogany et l'amélioration de la forêt martiniquaise. Revue Forestaire Française. 7(2): 85-94.
708. Chartier, P.; Becker, M.; Bonhomme, R. [y otros]. 1973. Effets physiologiques et caracterisation du rayonnement solaire dans le cadre d'une méthode d'aménagement

- silvicol en forêt dense africaine. Bois et Forêts des Tropiques. 152: 19-35.
709. Chatterji, U.N.; Mohnot, K. 1968. 1. Ecophysiological investigations on the inhibition and germination of seeds of *Prosopis juliflora* Linn. En: Proceedings, Symposium on recent advances in tropical ecology; 1968. Varanasi, India: [Editorial desconocida] Part I: 261-268.
 710. Chaturvedi, A.N. 1973. 4. Rotation in *Eucalyptus* hybrid plantations. En: Proceedings and Technical papers, Symposium on man-made forests in India; 1972; Dehra Dun, India. Dehra Dun, India: Society of Indian Foresters: 9-19.
 711. Chaturvedi, A.N. 1976. Eucalypts in India. Indian Forester. 102(1): 57-63.
 712. Chaturvedi, A.N. 1981. *Leucaena leucocephala* trials in Uttar Pradesh. Indian Forester. 107(10): 611-616.
 713. Chaturvedi, J.K. 1963. Coppice with reserves system. Indian Forester. 89(5): 313-319.
 714. Chaturvedi, M.D. 1948. The role of leaf fodder in the United Provinces. Bulletin. United Provinces, India: Forest Department. 14 p.
 715. Chaudhuri, K.C.R. 1960a. Nursery and plantation notes for W. Bengal, India. 5a edición. West Bengal, India: Forest Department. 324 p.
 716. Chaudhuri, K.C.R. 1960b. Plantation of softwood species for match and plywood industries. En: Proceedings, 9th silvicultural conference; 1956 December 7-19; Dehra Dun, India. Dehra Dun, India: Forest Research Institute: 250-252.
 717. Chaudhuri, K.N. 1952. The potentialities of exotics in the forestry practice of West Bengal. Oxford, UK: University of Oxford, Department of Forestry, Commonwealth Forestry Institute. 22 p.
 718. Chavelas Pólito, J. 1976. Campo experimental forestal San Felipe Bacalar, Quintana Roo. Ciencia Forestal. 1(3): 65-74.
 719. Chavelas Pólito, J. 1979. Módulo de uso múltiple del suelo en regiones tropicales. Ciencia Forestal. 4(19): 3-14.
 720. Chavelas Pólito, J. 1980. Módulo de uso múltiple del suelo en regiones tropicales. Bosques y Fauna. 3(1): 17-24.
 721. Chen, N.Y.; Chen, K.J. 1976. Ecological study on the mangrove of Jan Shui estuary. Quarterly Journal of Chinese Forestry. 9(3): 43-50.
 722. Chengappa, B.S. 1937. Reproduction of the Andaman forests. Indian Forester. 63(1): 16-29.
 723. Chijioke, E.O. 1980. Impact on soils of fast-growing species in lowland humid Tropics. Forestry Pap. 21. Rome, Italy: Food and Agriculture Organization of the United Nations. 111 p.
 724. Chinea-Rivera, J.D. 1990. *Ceiba pentandra* (L.) Gaertn. Ceiba, kapok, silk-cotton tree. Publication SO-ITF-SM-29. Rio Piedras, PR: U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Southern Forest Experiment Station, Institute of Tropical Forestry. 4 p.
 725. Chinte, F.O. 1971. Fast-growing trees in plantations. Philippine Forester. 5(1): 21-26, 29.
 726. Chittenden, A.E.; Breag, C.R. 1980. Wood for energy in developing countries. Commonwealth Forestry Review. 59(2): 193-197.
 727. Chitwadgi, S.S. 1954. Artificial regeneration with selection methods of working "compensatory diffuse plantations." Indian Forester. 80(3): 160-164.
 728. Chollet, A. 1952. Rapport du Togo. En: Proceedings, 1re conférence forestière interafricaine. Abidjan, Ivory Coast: [Lugar de publicación/editorial desconocidos] 269-282.
 729. Chollet, A. 1956. La teck au Togo. Bois et Forêts des Tropiques. 49: 9-18.
 730. Chothia, H.P. 1968. Afforestation of dry and barren areas and reforestation of degraded forests of Gujarat State (India). Special Subject. Oxford, UK: University of Oxford, Department of Forestry, Commonwealth Forestry Institute. 48 p.
 731. Chou, C.K.S. 1981. Monocultures, species diversification, and disease hazards in forestry. New Zealand Journal of Forestry Science. 26(1): 20-36.
 732. Chowdhury, K.A. 1939. The formation of growth rings in Indian trees. Part 1. Indian Forest Records. 2(1): 1-39.
 733. Chowdhury, K.A. 1940. The formation of growth rings in Indian trees. Part 2. Indian Forest Records. 2(2): 41-57.
 734. Chowdhury, K.A. 1962. Growth rings in tropical trees and taxonomy. En: Proceedings, 10th Pacific science congress; 1961 August 21-September 6; Honolulu, HI. Honolulu, HI: U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Pacific Southwest Forest and Range Experiment Station and University of California, School of Forestry. [Páginas desconocidas].
 735. Christensen, B.O. 1983. Report of Malaysia's mangrove management. Unasylva. 35(139): 10-15.
 736. Chudnoff, M. 1976. Density of tropical timbers as influenced by climatic life zones. Commonwealth Forestry Review. 55(3): 203-217.
 737. Chudnoff, M. 1984. Tropical timbers of the world. Agric. Handb. 607. Washington, DC: U.S. Department of Agriculture. 466 p.
 738. Chudnoff, M.; Youngs, R.L. 1980. Evaluating concepts for improved utilization of the tropical timber resource. Rome, Italy: Food and Agriculture Organization of the United Nations. 17 p.
 739. Chunkao, K.; Naksiri, C. 1976. Infiltration capacity of natural hill-evergreen forest at Doi Pui, Chiangmai. Kog-Ma Watershed Res. Bull. 25. Bangkok, Thailand: Kasetsart University, Faculty of Forestry. 41 p.
 740. Chunkao, K.; Tangtham, N.; Unkulpakdikul, S. 1971. Measurements of rainfall in early wet season under hill and dry-evergreen, natural teak, and dry-dipterocarp forests of Thailand. Kog-Ma Watershed Res. Bulletin 10.

- Bangkok, Thailand: Kasetsart University, Faculty of Forestry. 31 p.
741. Cintron, G. 1982. Mangrove forests: ecology and response to natural and man induced stressors. En: Papers, Caribbean workshop, West Indies Laboratory; 1982 May 24-30; St. Croix, U.S. Virgin Islands. Rutherford, NJ: Fairleigh Dickinson University. 44 p.
 742. Cintron, G.; Schaeffer Novelli, Y. [sin fecha] The mangrove ecosystem: research methods. Puerta de Tierra, PR: Department of Natural Resources, Marine Resources Section. 22 p.
 743. Civette, L. 1953. Rapport sur certaines questions forestières en Haute-Volta. En: Proceedings, 1re conférence forestière interafricaine; Abidjan, Ivory Coast: [Lugar de publicación/editorial desconocidos] 227-240.
 744. Clarke, W.C. 1976. Maintenance of agriculture and human habitats within the tropical forest ecosystem. Human Ecology. 4(3): 247-259.
 745. Clarke-Butler-Coke, R.F. 1943. Forest farming (taungya plantations) in Benin. Farm and Forest. 4(3): 103-105.
 746. Clegg, A.G. 1963. Rainfall interception in a tropical forest. Caribbean Forester. 24: 74-79.
 747. Cliff, E.P. 1973. Timber: the renewable material. Washington, DC: The National Commission on Materials Policy. 151 p.
 748. Cochrane, T.T.; 1985. Land in tropical America. Brasília, Brazil: Centro Internacional de Agricultura Tropical, Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuaria, Centro de Pesquisa Agropecuaria dos Cerrados. 3 volúmenes.
 749. Cochrane, T.T.; Sanchez, L.F. 1981. Clima, paisajes y suelos de las sabanas tropicales de Sur América. Interciencia. 6(4): 239-244.
 750. Cockburn, P.F. 1975. Phenology of dipterocarps in Sabah. Malaysian Forester. 38(3): 160-170.
 751. Coelho, A.S.R.; Mello, H.A.; Simoes, J.W. 1970. Comportamento de especies de Eucaliptus face ao espaçamento. IPEF (Instituto de Pesquisa e Estudos Florestais) 1: 29-55.
 752. Coene, R de. 1956. Agricultural settlement schemes in the Belgian Congo. Tropical Agriculture. 33(1): 1-12.
 753. Coit, J.E. 1951. Carob or St. John's bread. Economic Botany. 5(1): 82-96.
 754. Collier, F.S.; Lockie, J.R. 1940. The Ibadan fuel plantations, their history and management. Nigerian Forester. 1(1): 15-20.
 755. Collin, A. 1952a. Essais de collaboration avec les indigènes en vue de l'enrichissement des Forêts en Mayumbe. En: Proceedings, 1re conférence forestière interafricaine; Abidjan, Côte d'Ivoire: [Lugar de publicación/editorial desconocidos] 441-458.
 756. Collin, A. 1952b. Mise en défense contre les feux de brousse et reforestation des savanes du Bas-Congo. En: Proceedings, 1ere conférence forestière interafricaine; Abidjan, Côte d'Ivoire: [Lugar de publicación/editorial desconocidos] 441-458.
 757. Collin, A. 1956. Note sur la croissance du limba introduit dans le sud de la province de Kasai. Bulletin Agricole Congo Belge. 47(6): 1519-1536.
 758. Collins, A.B., III. 1967. Density and height growth in natural slash pine. Res. Pap. SE-27. Asheville, NC: U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Southeastern Forest Experiment Station. 8 p.
 759. Colwell, R.K. 1973. Competition and coexistence in a simple tropical community. American Naturalist. 107(958): 737-760.
 760. Colwell, R.K.; Fuentes, E.R. 1975. Experimental studies of the niche. Annual Review of Ecology and Systematics. 6: 281-310.
 761. Combe, J.; Budowski, G. 1979. Clasificación de las técnicas agro-forestales. En: Proceedings, workshop on agroforestry systems in Latin America; 1979 March 26-30; Turrialba, Costa Rica. Turrialba, Costa Rica: Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza, Program of Natural Renewable Resources: 17-47.
 762. Conceição, P.N. da; Barros, R.S. 1979. Light and water relationships in an Amazonian forest. Tropical Ecology. 20(1): 56-63.
 763. Conklin, H.C. 1957. Hanunoo agriculture, a report on an integral system of shifting cultivation in the Philippines. Forestry Development Pap. 12. Rome, Italy: Food and Agriculture Organization of the United Nations. 209 p.
 764. Conklin, H.C. 1963. The study of shifting cultivation. Current Anthropology. 2: 27-61.
 765. Connell, J.H.; Orias, E. 1964. The ecological regulation of species diversity. American Naturalist. 98(903): 399-414.
 766. Conway, G.R. 1972. Ecological aspects of pest control in Malaysia. En: Farvar, M.T.; Milton, P., editores. The careless technology. Garden City, NY: The Natural History Press: 467-488.
 767. Cooling, E.N.G. 1960. Softwood afforestation in copperbelt miombo woodland. En: Publication 52, Scientific Council for Africa South of the Sahara. [Lugar de publicación desconocido] 67-76.
 768. Cooling, E.N.G. 1962a. Establishment, thinning, and pruning techniques in eucalypt and coniferous plantations in Northern Rhodesia. Lusaka, Zambia: Government Printer. 8 p.
 769. Cooling, E.N.G. 1962b. Procedures for the trial of exotic species in Northern Rhodesia. En: Papers, 8th British commonwealth forestry conference; 1962 June 25-July 28; East Africa. Lusaka, Zambia: Government Printer: 4.
 770. Cooling, E.N.G. 1967. Improvement of seed of exotic forest trees for use in Zambia. Res. Bull. 11. Lusaka, Zambia: Forest Department. 12 p.
 771. Cooling, E.N.G. 1968. *Pinus merkusii*. Fast growing timber trees of the lowland Tropics. Oxford, UK: University of Oxford, Department of Forestry, Commonwealth Forestry Institute. 169 p.

772. Cooling, E.N.G.; Endean, F. 1967. Preliminary results from trials of exotic species from Zambian plantations. Res. Bull. 10. Lusaka, Zambia: Forest Department. 34 p.
773. Cooling, E.N.G.; Jones, B.E. 1970. The importance of boron and NPK fertilizers to *Eucalyptus* in the Southern Province, Zambia. East African Agricultural and Forestry Journal. 36(2): 185-194.
774. Coombe, D.E.; Hadfield, W. 1962. An analysis of the growth of *Musanga cecropioides*. Journal of Ecology. 50: 221-234.
775. Cooper, L.G. 1961. Line planting. Res. Tec. Note 9. Lagos, Nigeria: Department of Forest. 8 p.
776. Cornforth, I.S. 1970a. Leaf-fall in a tropical rain forest. Journal of Applied Ecology. 7: 603-608.
777. Cornforth, I.S. 1970b. Reafforestation and nutrient reserves in the humid Tropics. Journal of Applied Ecology. 7: 609-615.
778. Cornforth, I.S. 1971. Nitrogen mineralization in West Indian soils. Experimental Agriculture. 7: 345-349.
779. Cortes, L.A. 1977. Los suelos de Colombia y su aptitud de uso. Colombia Geografica. 6(1): 19-28.
780. Costa de Lemos, R. 1968. The main tropical soils of Brazil. World Soil Services Rep. 32. Rome, Italy: Food and Agriculture Organization of the United Nations: 95-106.
781. Coster, C.; Eidman, F.E. 1934. Selectie-onderzoek van den djati (*Tectona grandis* L. f.). Tectona. 27(1): 1-46.
782. Cottle, G.W. 1957. Exotic forest trees in the British Commonwealth. En: Papers, 7th British Commonwealth forestry conference; 1957 August 26-September 17; Australia and New Zealand. Canberra, Australia: Commonwealth Government Printer: 95 p.
783. Coulter, J.K. 1972. Soil management systems. En: Soils of the humid tropics. Washington, DC: National Academy of Sciences: 189-197.
784. Cousens, J.E. 1951. Some notes on the composition of lowland tropical rain forest in Rengam Forest Reserve, Johore. Malayan Forester. 14(3): 131-139.
785. Cousens, J.E. 1957. The sampling of regenerated forest in Malaya: some preliminary results from the pilot sampling scheme in Perak State. Kuala Lumpur, Malaysia: Federal Forest Administration. 22 p.
786. Cousens, J.E. 1958. A study of 155 acres of tropical rain forest by complete enumeration of all large trees. Malayan Forester. 21: 155-164.
787. Cozzo, D. 1955. *Eucalyptus* y eucaliptotecnica. Buenos Aires, Argentina: El Ateneo Libreria Editorial. 393 p.
788. Cozzo, D. 1958. El cultivo de bosques de *Araucaria angustifolia* en la Provincia Argentina de Misiones. Revista Forestal Argentina. 2(3): 55-64, 85-89.
789. Cozzo, D. 1959. Informaciones sobre el cultivo del paraíso (gigante) (*Melia azedarach*) en Misiones, Argentina. Revista Forestal Argentina. 3(4): 127-133.
790. Cozzo, D. 1962. Las plantaciones de *Cunninghamia lanceolata* realizadas en el Brasil. Antecedentes en la Argentina. Revista Forestal Argentina. 6(2): 37-43.
791. Cozzo, D. 1966. Caractéristiques forestières de la province des Misiones. Bois et Forêts des Tropiques. 109: 13-24.
792. Cozzo, D. 1967. Resultados durante 6 años de tres modalidades de raleos en un cultivo joven de *Araucaria angustifolia*. Revista Forestal Argentina. 11(4): 103-113.
793. Cozzo, D. 1969. Siete años de un ensayo de enriquecimiento del bosque subtropical utilizando *Cordia trichotoma*. Revista Forestal Argentina. 13(2): 44-45.
794. Cozzo, D. 1970. Diez años de ensayos con raleos en una nueva parcela experimental de *Araucaria angustifolia* en Misiones, Argentina. Revista Forestal Argentina. 14(2): 39-45.
795. Cozzo, D. 1976. Tecnología de la forestación en Argentina y América Latina. Buenos Aires, Argentina: Editorial Hemisferio Sur. 610 p.
796. Cozzo, D.; Riveros, M.H.C.K. de 1969. Registro de la caída de materia orgánica y elementos minerales en una plantación de ocho años de *Eucalyptus camaldulensis*. En: Actas del 1er congreso forestal argentino; 1969 October 6-11; Buenos Aires, Argentina. Buenos Aires, Argentina: Palacio del Concejo Deliberante: 590-598.
797. Cracium, G.C.J. 1978. The performance of *Anthocephalus chinensis* in the Darwin region of Australia. Australia Forestry Review. 57(2): 121-126.
798. Craib, I.J. 1939. Thinning, pruning, and management studies on the main exotic conifers grown in South Africa. Forest Service Bull. 196. Pretoria, South Africa: Department of Forestry. 179 p.
799. Craib, I.J. 1947. The silviculture of exotic conifers in South Africa. Journal of the South African Forestry Association. 15: 11-45.
800. Cramb, R.A. 1978. The transition from shifting cultivation to commercial agriculture: a case study from the Layas River (Sarawak). En: Papers, 1978 workshop on shifting cultivation; 1978; Kuching, Sarawak. Kuching, Sarawak: [Publisher and páginas desconocidas].
801. Crane, J.C. 1945. Living fence posts in Cuba. Agriculture in the Americas. 5(2): 34-35, 38.
802. Cristovao Henriques, J. 1952. Rapport general pour l'Angola. En: Proceedings, 1re conférence forestière interafricaine; Abidjan, Ivory Coast: [Lugar de publicación/editorial desconocidos] 481-492.
803. Critchfield, W.B.; Little, E.L., Jr. 1966. Geographic distribution of the pines of the world. Misc. Pub. 991. Washington, DC: U.S. Department of Agriculture. 97 p.
804. Crizaldo, E.N. 1980. Tissue culture of fast-growing trees. Sylvatrop Philippine Forest Research Journal. 5(2): 123-138.
805. Croat, T.B. 1975. Phenological behavior of habit and habitat classes on Barro Colorado Island (Panama Canal Zone). Biotropica. 7(4): 270-277.
806. Cromer, D.A.N. 1956. The value of eucalypts--world wide, particularly Australia. En: Report of the 1956

- world Eucalyptus conference; 1956 October 17-30; Rome, Italy. Document FO/56/E-3-a. Rome, Italy: Food and Agriculture Organization of the United Nations: 3-18.
807. Cromer, D.A.N. 1962. Developments in the study of initial spacing and growth. En: Proceedings, 10th Pacific science congress; 1961 August 21-September 6; Honolulu, HI: Honolulu, HI: Pacific Science Association, University of Hawaii: 39-43.
808. Cromer, R.N.; Cameron, D.; Cameron, J.N. [y otros]. 1981. Response of eucalypt species to fertilizer applied soon after planting at several sites. *Australian Forestry*. 44(1): 3-13.
809. Cromer, R.N.; Hausen, N.W. 1972. Growth, nutrient uptake and pulping characteristics of young *Eucalyptus globulus*. *Appita*. 26(3): 187-190.
810. Crow, T.R. 1978. Common regressions to estimate tree biomass in tropical stands. *Forest Science*. 24(1): 110-114.
811. Crow, T.R.; Weaver, P.L. 1977. Tree growth in a moist tropical forest of Puerto Rico. Res. Pap. ITF-22. Rio Piedras, PR: U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Southern Forest Experiment Station, Institute of Tropical Forestry. 17 p.
812. Cunningham, R.K. 1963. The effect of clearing a tropical forest soil. *Journal of Soil Science*. 14(2): 334-345.
813. Curtin, R.A. 1964. Stand density and the relationship of crown width to diameter and height in *Eucalyptus obliqua*. *Australian Forestry*. 28: 91-105.
814. Curtin, R.A. 1970. Dynamics of tree and crown structure in *Eucalyptus obliqua*. *Forest Science*. 16: 321-328.
815. Curtis, J.T.; McIntosh, R.P. 1950. The interrelation of certain analytic and synthetic phytosociological characteristics. *Ecology*. 31: 434-455.
816. Curtis, R.O. 1983. Procedures for establishing and maintaining permanent plots for silvicultural and yield research. Gen. Tech. Rep. PNW-155. Portland, OR: U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Pacific Northwest Forest and Range Experiment Station. 56 p.
817. Dabral, B.G.; Subba Rao, B.K. 1968. Interception studies in chir and teak plantations, New Forest. *Indian Forester*. 94(7): 541-551.
818. Dabral, S.N. 1961. Some observations on *Araucaria cunninghamii* at New Forest, Dehra Dun. *Indian Forester*. 87(5): 325-328.
819. Dabral, S.N. 1976. Extraction of teak seeds from fruits, their storage and germination. *Indian Forester*. 102(10): 650-658.
820. Daccarett, M.; Blydenstein, J. 1968. La influencia de árboles leguminosos y no leguminosos sobre el forraje que crece bajo ellos. *Turrialba*. 18(4): 405-408.
821. Da Costa, E.W.B.; Rudman, P.; Gay, F.J. 1958. Investigations on the durability of *Tectona grandis*. *Empire Forestry Review*. 37(3): 291-298.
822. Da Costa, E.W.B.; Rudman, P.; Gay, F.J. 1961. Relationship of growth rate and related factors to durability of *Tectona grandis*. *Empire Forestry Review*. 40(4): 308-319.
823. Dale, I.R. 1943. Planting trees in freshwater swamps. *East African Agricultural Journal*. 9(1): 23-24.
824. Dalton, J.; Davidson, J. 1974. Time of establishment of seedlings of *Eucalyptus deglupta* at two locations in Papua New Guinea. Forest Res. Tech. Note SR-25. Papua New Guinea: Forest Department. 19 p.
825. Dancette, C.; Poulain, J.F. 1969. Influence of *Acacia albida* on pedoclimatic factors and crop yields. *Sols Africaines*. 14(1/2): 143-184.
826. Dansereau, P. 1958. Vegetation as an indicator of environmental potential. En: Proceedings, 9th Pacific science congress; 1957 November 18-December 9; Bangkok, Thailand. Bangkok, Thailand: Chulalongkorn University, Department of Science; 20: 57-67.
827. Danso, L.K. 1966. Enrichment and management of the Ghana tropical high forest. Special Subject. Oxford, UK: University of Oxford, Department of Forestry, Commonwealth Forestry Institute. 162 p.
828. Darrah, G.V.; Dodds, J.W. 1967. Growing broadleaved trees in mixture with conifers. *Forestry*. 40(2): 220-228.
829. Das, B. 1982. *Pinus pseudostrobus* Lindl. in Orissa, India. *Silvae Genetica*. 31(5/6): 203-208.
830. Das, B.L. 1971. Introduction of tropical pines in Orissa. *Indian Forester*. 97(1): 626-635.
831. Das, J.N. 1937. Hollock regeneration. *Indian Forester*. 63(4): 227-236.
- 831a. Das, S. 1984. Nursery and plantation techniques for *Acacia mangium*. Bulletin 3. Chittagong, Bangladesh: Bangladesh Forest Research Institute, Silviculture Division. 35 p.
832. Dasmann, R.F. 1973. Classification and use of protected natural and cultural areas. Occasional Pap. 4. Morges, Switzerland: International Union for the Conservation of Nature and Natural Resources. 24 p.
833. Dasmann, R.F.; Poore, D. 1979. Ecological guidelines for balanced land use, conservation, and development in high mountains. Gland, Switzerland: United Nations Environmental Program/United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization/World Wildlife Fund. 40 p.
834. Dass, M.P. 1960. Management of bamboo areas. En: Proceedings, 9th silvicultural conference; 1956 December 7-19; Dehra Dun, India. Dehra Dun, India: Forest Research Institute; 2: 382-385.
835. Daubenmire, R. 1972. Phenology and other characteristics of a tropical semideciduous forest in northwestern Costa Rica. *Journal of Ecology*. 60(1): 147-170.
836. Daubenmire, R. 1976. The use of vegetation in assessing the productivity of forest lands. *Botanical Review*. 42(2): 115-143.

837. Daubenmire, R. 1978. Plant geography with special reference to North America. New York, NY: Academic Press. 338 p.
838. Daver, S.R. 1945. *Prosopis juliflora* in Jalgaon Range, West Berar Division, Central Provinces and Berar. Indian Forester. 71(4): 119-124.
839. David, C.A. 1980. *Albizzia* and *Acacia* species trials on white sands three years after outplanting. Georgetown, Guyana: Guyana Forestry Commission. 11 p.
840. Davidson, J. 1968. Forest tree improvement in New Guinea. En: Papers, 9th British Commonwealth forestry conference; 1968 January 3-27; New Delhi, India. Port Moresby, Papua New Guinea: Department of Forests. 8 p.
841. Davidson, J. 1973a. Forest tree improvement--Kamarere. Tropical Forestry Res. Note SR-6. Papua New Guinea: Forest Department. 14 p.
842. Davidson, J. 1973b. Incompatibility symptoms in grafts of *Eucalyptus deglupta* Blume. Tropical Res. Note SR-11. Papua New Guinea: Forest Department. 8 p.
843. Davidson, J. 1973c. A technique for rooting seedling cuttings of *Eucalyptus deglupta* Blume. Tropical Forestry Res. Note SR-8. Papua New Guinea: Forest Department. 10 p.
844. Davidson, J. 1973d. Techniques of grafting *Eucalyptus deglupta* Blume. Tropical Forestry Res. Note SR-9. Papua New Guinea: Forest Department. 8 p.
845. Davidson, J. 1974. Reproduction of *Eucalyptus deglupta* by cuttings. Journal of New Zealand Forestry Science. 4: 191-203.
846. Davidson, J., editor. 1985. Economic use of tropical moist forests while maintaining biological, physical, and social values. Supplement 9 to the Environmentalist. [Lugar de publicación desconocido]: International Union of the Conservation of Nature and Natural Resources. 25 p.
847. Davies, W.N.L. 1970. The carob tree and its importance in the agricultural economy of Cyprus. Economic Botany. 24(4): 460-470.
848. Davis, P.W. 1940. Preliminary note on Nilambur soils with special reference to their suitability for teak. Indian Forester. 66(11): 658-671.
849. Davis, P.W. 1941. The efficiency of irregular stocking. En: Proceedings, 5th silvicultural conference; 1939, Dehra Dun, India: Dehra Dun, India: Forest Research Institute: 8: 195-207.
850. Davis, R.B. 1970. Seasonal differences in internodal lengths in *Cecropia* trees: a suggested method for measurements of past growth height. Turrialba. 20(10): 100-104.
851. Davis, T.A.W.; Richards, P.W. 1933/34. The vegetation of Moraballi Creek, British Guiana. An ecological study of a limited area of tropical rain forest. Journal of Ecology. 21: 350-384.
852. Dawkins, H.C. 1949. Timber planting in *Terminalia* woodland in northern Uganda. Empire Forestry Review. 28(3): 226-247.
853. Dawkins, H.C. 1953. Trials of non-toxic arboricides in a tropical forest. Empire Forestry Review. 32(3): 253-256.
854. Dawkins, H.C. 1955a. INEAC in forêt dense, impressions of some high forest research in the Congo. Empire Forestry Review. 34(1): 55-60.
855. Dawkins, H.C. 1955b. The refining of mixed forest: a new objective for tropical silviculture. Empire Forestry Review. 34(2): 188-191.
856. Dawkins, H.C. 1956. Bunyoro R. p. 32, underplanting of partially filled forest with *Khaya* and *Chlorophora*. Tech. Note 10/56. Entebbe, Uganda: Forest Department. 2 p.
857. Dawkins, H.C. 1957. Some Latin square and randomized block experiments in a tropical high forest. Entebbe, Uganda: Forest Department. 7 p.
858. Dawkins, H.C. 1958a. Contact arboricides for rapid tree-weeding in a tropical forest. En: Proceedings, 4th world forestry conference; 1954 December; Dehra Dun, India. Dehra Dun, India: Forest Department; 3: 215-218.
859. Dawkins, H.C. 1958b. Felling damage. Tech. Note 6/58. Entebbe, Uganda: Forest Department. 2 p.
860. Dawkins, H.C. 1958c. The management of natural tropical high forest with special reference to Uganda. Institute Pap. 34. Oxford, UK: University of Oxford, Imperial Forestry Institute. 155 p.
861. Dawkins, H.C. 1958d. The measurement of basal area increment in tropical high forest. En: Proceedings, 2e conférence forestière interafricaine; 1958 July 3-11; Pointe Noire, Congo. Brussels, Belgium: Ministry of Foreign Affairs: 107-109.
862. Dawkins, H.C. 1958e. The relative merits of hormonal and arsenical arboricides. En: Proceedings, 2e conférence forestière interafricaine; 1958 July 3-11; Pointe Noire, Congo. Brussels, Belgium: Ministry of Foreign Affairs: 131-133.
863. Dawkins, H.C. 1958f. Seasonal effectiveness of arboricides. Tech. Note 8/58. Entebbe, Uganda: Forest Department. 1 p.
864. Dawkins, H.C. 1958g. Silviculture research plan, first revision, period 1959 to 1963 inclusive. Entebbe, Uganda: Forest Department. 24 p.
865. Dawkins, H.C. 1959. The volume increment of natural tropical high-forest and the limitations on its improvement. Empire Forestry Review. 38(2): 175-180.
866. Dawkins, H.C. 1960. The Pudden clinal plot: thinning experiments without surrounds. Empire Forestry Review. 39(2): 168-171.
867. Dawkins, H.C. 1961a. Determination of increment of uneven-aged tropical forests. En: Proceedings, 13th congress of the International Union of Forest Research Organizations (IUFRO); 1961 September; Vienna, Austria. Oxford, UK: University of Oxford, Imperial Forestry Institute. 6 p.

868. Dawkins, H.C. 1961b. Estimating total volumes of some Caribbean trees. *Caribbean Forester*. 22(3/4): 62-63.
869. Dawkins, H.C. 1961c. New methods of improving stand composition in tropical forests. *Caribbean Forester*. 22(1/2): 12-20.
870. Dawkins, H.C. 1961d. New methods of improving stand composition in tropical forests. En: *Proceedings, 5th world forestry congress; 1960 August 29-September 10; Seattle, WA*. Seattle, WA: 441-446.
871. Dawkins, H.C. 1963a. Crown diameters, their relation to bole diameter in tropical forest trees. *Commonwealth Forestry Journal*. 42: 318-333.
872. Dawkins, H.C. 1963b. The productivity of tropical high forests and their reaction to controllable environments. Oxford, UK: University of Oxford, Department of Forestry, Commonwealth Forestry Institute. 111 p. Ph.D. thesis.
873. Dawkins, H.C. 1964a. The productivity of lowland tropical high forest and some comparisons with its competitors. *Journal of the Oxford University Forestry Society*. 12: 15-18.
874. Dawkins, H.C. 1964b. Productivity of tropical forests and their ultimate value to man. En: *Proceedings and papers of the technical meeting on the ecology of man in the tropical environment*. 1964. Nairobi, Kenya. IUCN Public New Series 4. Nairobi, Kenya: International Union for the Conservation of Nature and Natural Resources: 178-182.
875. Dawkins, H.C. 1967. Wood production in tropical rainforest. *Journal of Applied Ecology*. 4(1): 20-21.
876. Day, W.R. 1966. Biological aspects of thinning in conifer plantations. *Forestry*. 39(2): 191-212.
877. Dearden, P. 1978. The ecological component in land use planning: a conceptual framework. *Biological Conservation*. 14(3): 167-179.
878. DeBell, D.S.; Whitesell, C.D.; Schubert, T.H. 1985. Mixed plantations of *Eucalyptus* and leguminous trees enhance biomass production. Res. Pap. PSW-175. Berkeley, CA: U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Pacific Southwest Forest and Range Experiment Station. 6 p.
879. de Graaf, N.R. 1986. A silvicultural system for natural regeneration of tropical rain forest in Suriname. Wageningen, Netherlands: Agricultural University. 250 p.
880. de Jussien, A. 1988. *Azadirachta indica*. *Bois et Forêts des Tropiques*. 217(3): 33-47.
881. de la Lama Gutierrez, G. 1976-77. Atlas del eucalipto. Seville, Spain: Ministerio de Agricultura, Instituto Nacional para la Conservación de la Naturaleza. 5 vol.
882. De Laubenfels, D.J. 1975. Mapping the world's vegetation. Syracuse, NY: Syracuse University Press. 246 p.
883. del Valle, J.I. 1976. La mineralización del nitrógeno en suelos de cenizas volcánicas de Colombia y su relación con el crecimiento de *Cupressus lusitanica*. *Turrialba*. 26(1): 18-23.
884. Delwaulle, J.C. 1973. Desertification de l'Afrique au sud du Sahara. *Bois et Forêts des Tropiques*. 149: 3-20.
885. Delwiche, C.C. 1978. Legumes--past, present, and future. *Bioscience*. 28(9): 565-570.
886. de Martonne, E. 1957. *Traite de géographie physique: climathydrographie--relief du sol--biogéographie*. Paris, France: A. Colin. [Páginas desconocidas].
887. de Milde, R. 1979. Algunas observaciones sobre la composición del bosque húmedo tropical. *Revista Forestal del Peru*. 9(1): 5-10.
888. Denevan, W.E. 1965. The campo cerrado vegetation of central Brazil. *Geographical Review*. 55(1): 112-115.
889. Denevan, W.M.; Treacy, J.M.; Alcorn, J.B. [y otros]. 1984. Indigenous agroforestry in the Peruvian Amazon: Bora Indian management of swidden fallows. *Interciencia*. 9(6): 346-357.
890. Dent, T.V. 1942a. Comment on the significance of teak-sal mixture from the standpoint of plant succession by A. B. Lal. *Indian Forester*. 68(4): 181-187.
891. Dent, T.V. 1942b. Some records of extreme longevity of seeds of Indian forest plants. *Indian Forester*. 68(12): 617-630.
892. Denton, F.H. 1983. Wood for energy and rural development: the Philippine experience. Manila, Philippines: Author. 232 p.
893. Deshmukh, I. 1986. Ecology and tropical biology. Palo Alto, CA: Blackwell Scientific Publications. 387 p.
894. Deval, J.L. 1967. Vie y mort des parasoliers (*Musanga cecropioides*). *Bois et Forêts des Tropiques*. 112: 31-38.
895. Deval, J.L. 1976. The biology and silviculture of *Aucoumea klainiana*. Vol I. Silviculture. Nogent-sur-Marne, France: Centre Technique Forestier Tropical. 335 p.
896. Dib, L.S. 1969. Crecimiento de *Casuarina cunninghamiana* en Santiago del Estero. En: *Actas del 1er congreso forestal argentino; 1969 October 6-11; Buenos Aires, Argentina*. Buenos Aires, Argentina: Palacio del Concejo Deliberante: 624-625.
897. Dick, J. 1969. The application of fertilizers at time of planting: a resume of research in Tanzania 1960-1966. *Tanzania Silviculture Res. Note 11*. Lushoto, Tanzania: Forestry Division. 3 p.
898. Dickenson, J., III. 1972. Alternatives to monoculture in the humid Tropics of Latin America. *Professional Geographer*. 24: 217-222.
899. Dickinson, J.C. 1967. The cultivation and utilization of the eucalypt in the Peruvian sierra and the industrial triangle of Brazil. *Dissertation Abstracts*. B 29(1): 239.
900. Dicks, H.M.; Jackson, D.A.; Kirk, R.D. 1965. Fertilization of *Eucalyptus grandis/saligna*--a preliminary report. *South African Journal of Forestry*. 54: 22-29.
901. Dijkman, M.J. 1950. *Leucaena*--a promising soil-erosion-control plant. *Economic Botany*. 4(4): 337-349.

902. Dimjati, A.; Loekito, T. 1959. Effects of storage time and processing method on the quality of tengkawang seeds. Report 74. Bogor, Indonesia: Forest Research Institute. 30 p.
903. Doat, J. 1967. Les bambous, source eventuelle de cellulose pour l'Afrique. Bois et Forêts des Tropiques. 113: 41-59.
904. Doat, J. 1971. Le parasolier; une bonne essence papetière africaine. Bois et Forêts des Tropiques. 137: 39-51; 138: 49-57.
905. Doat, J. 1977. Le pouver calorifique des bois tropicaux. Bois et Forêts des Tropiques. 172: 33-55.
906. Dobzhansky, T. 1950. Evolution in the Tropics. American Scientist. 38: 209-221.
907. Dommergues, Y. 1963. The N-fixation rate of a dune soil afforested with *Casuarina equisetifolia*. Agrochimica Pisa. 7(4): 335-340.
908. Donahue, J.K.; Dvorak, W.S.; Gutierrez, E.A. 1991. The distribution ecology, and gene conservation of *Pinus ayacahuite* and *P. chiapensis* in Mexico and Central America. Raleigh, NC: CAMCORE. 28 p.
909. Donald, C.M. 1961. Competition for light in crops and pastures. En: Milthorpe, F. L., editor. Mechanisms in biological competition. Symposium of the Society of Experimental Biology; 15: 283-313.
910. Donald, D.G.M. 1965. A study of the history, practice, and economics of forest nurseries in South Africa. 40A(1). Annale: Universiteit van Stellenbosch. 107 p.
911. Donald, D.G.M. 1971. Cleaning operations in South African forestry. Forestry in South Africa. 12: 55-65.
912. Donald, D.G.M. 1979. Nursery and establishment techniques as factors in productivity of man-made forests in South Africa. South African Forestry Journal. 109: 19-25.
913. Donis, M.P. 1958. Rapport sur la plantation d'arbres au Ruanda. En: Proceedings, 2e conférence forestière interafricaine; 1958 July 3-11; Pointe Noire, Congo. Brussels, Belgium: Ministry of Foreign Affairs: 50-57.
914. Dorman, K.W. 1969. Positive impacts of silviculture on gene resources. En: Papers, 2d FAO world consultation on forest tree breeding; 1969 August 7-16; Washington, DC. Rome, Italy: Food and Agriculture Organization of the United Nations: 1244-1247.
915. Dott, R.H., Jr.; Batten, R.L. 1981. Evolution of the Earth. [3a edición] New York, NY: McGraw-Hill Book Company. 593 p.
916. Douay, J. 1956. *Gmelina arborea* (Roxb.). Bois et Forêts des Tropiques. 48: 25-38.
917. Douglas, J.S.; de Hart, J.R.A. 1976. Forest farming. London, UK: Watkins. 197 p.
918. Dourojeanni, M.J. 1984. Policy alternatives for the management of tropical forests in Latin America: In International forestry congress; 1984 August; Quebec, Canada. [Lugar de publicación/editorial/paginación desconocidos].
919. Dourojeanni, M.J. 1987. Aprovechamiento del barbecho forestal en áreas de agricultura migratoria en la Amazonia Peruana. Revista Forestal del Peru. 14(2): 15-66.
920. Dove, M.R. 1983. Theories of swidden agriculture and the political economy of ignorance. Agroforestry Systems 1: 85-99.
921. Drew, T.J.; Flewelling, J.W. 1979. Stand density management: an alternative approach and its application to Douglas-fir plantations. Forest Science. 25(3): 518-532.
922. Driscoll, P.V. 1977. Comparison of bird counts from pine forests and indigenous vegetation. Australian Wildlife Research. 4: 281-288.
923. Drury, W.H.; Nisbet, I.C.T. 1973. Succession. Journal of the Arnold Arboretum. 54(3): 331-368.
924. Dubois, J. 1971. Silviculture research in the Amazon. Document FO/SF/BRA 4, Tech. Rep. 3. Rome, Italy: Food and Agriculture Organization of the United Nations. 201 p.
925. Dubois, J. 1979. Los sistemas de producción mas apropiadas para el uso racional de las tierras de la Amazonia. En: Seminario sobre los recursos naturales renovables y el desarrollo regional amazónico. Bogota, Colombia: Instituto Interamericano de Ciencias Agrícolas: 72-130.
926. Ducke, A.; Black, G.A. 1953. Phytogeographical notes on the Brazilian Amazon. Anais da Academia Brasileira de Ciencias. 25(1): 1-46.
927. Dudal, R. 1968. Definitions of soil units for the soil map of the world. Rep. 33. Rome, Italy: Food and Agriculture Organization of the United Nations. [Páginas desconocidas].
928. Dudal, R. 1969. About the legend of the FAO/UNESCO soil map of the world. Technical work-planning conference of national cooperation, soil survey. En: Sanchez, P.A., editor. A review of soils research in tropical Latin America. Charleston, SC: U.S. Department of Agriculture, Soil Conservation Service. 15 p.
929. Dudal, R. 1970. Key to soil units for the soil maps of the world. FAO report. Rome, Italy: Food and Agriculture Organization of the United Nations. 16 p.
930. Duke, J.A. 1969. On tropical tree seedlings. Annals of the Missouri Botanical Garden. 52/56: 314-350; 125-161.
931. Duke, J.A. 1981. The gene revolution (maximizing yields in the tropical moist forest biome.) En: Background papers for innovative biological technologies for lesser developed countries. Washington, DC: U.S. Congress, Office of Technological Assessment: 89-150.
932. Dumond, D.E. 1961. Swidden agriculture and the rise of Maya civilization. Southwestern Journal of Anthropology. 17(4): 301-315.
933. Duncan, D.B. 1955. Multiple range and multiple F tests. Biometrics. 11: 1-42.
934. Durant, C.L. 1936. Sodium arsenite, seed years, and silviculture. Malayan Forester. 5(1): 15-19.

935. Durant, C.L. 1939. Further notes on the regeneration of the heavy dipterocarp hardwoods. *Malayan Forester*. 8(3): 103-107.
936. Durant, C.L. 1941. *Gmelina arborea* in Malaya. *Malayan Forester*. 10(3): 89-92.
937. Durst, P.B. 1985. Energy plantations in the Philippines. *ISTF News* 6(4): 6-8.
938. Durst, P.B. 1987. Energy plantations in the Republic of the Philippines. Res. Pap. SE-265. Asheville, NC: U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Southeastern Forest Experiment Station. 17 p.
939. Duthie, D.W.; Hardy, F.; Rodriguez, G. 1937. Soil investigations in the Arena Forest Reserve. Institute Pap. 6. Oxford, UK: University of Oxford, Imperial Forestry Institute. 16 p.
940. DuToit, A.J. 1979. The harvesting of a greater part of the forest biomass: branchwood. *South African Forestry Journal*. 109: 38-42.
941. Dutt, A.K.; Pathania, U. 1986. Effect of different spacings on growth and wood production in *Sesbania sesban*. Nitrogen Fixing Tree Research Reports. 4: 13
942. Dutta, J.J.; Tomar, M.S. 1964. Bamboo forests of Madhya Pradesh. Bull. 8. Madhya Pradesh State, India: Forest Department. 71 p.
943. Dvorak, W.S.; Brouard, J. 1987. An evaluation of *Pinus chiapensis* as a commercial plantation species for the Tropics and subtropics. *Commonwealth Forestry Review*. 66(2): 165-176.
944. Dylis, N. 1971. Primary production of mixed forests. En: Productivity of forest ecosystems. Paris, France: United Nations Educational, Scientific, and Cultural Organization: 227-231.
945. Dyson, W.G. 1965. The justification of plantation forestry in the Tropics. *Turrialba*. 13(2): 135-139.
946. Dyson, W.G. 1966. *Cupressus lusitanica* Miller progeny trial RE 207. Tech. Note 101. Nairobi, Kenya: Forest Department. 7 p.
947. Dyson, W.G. 1967. Interspecific grafting of *Cupressus lusitanica* at Maguga, Kenya. *East African Agricultural and Forestry Journal*. 32(4): 418.
948. Dyson, W.G. 1969. Improvement of stem form and branching characteristics in Kenya cypress. En: Papers, 2d FAO world consultation on forest tree breeding; 1969 August 7-16; Washington, DC. Rome, Italy: Food and Agriculture Organization of the United Nations: 307-315.
949. Dyson, W.G. 1971. Wood properties of young pine trees grown at Maguga Arboretum. Tech. Note 28 (Silviculture). Nairobi, Kenya: East African Agriculture and Forestry Research Organizations. 4 p.
950. Dyson, W.G. 1974. Experiments on growing *Eucalyptus* wood fuel in the semideciduous forest zone in Kenya. *East African Agricultural Forestry Journal*. 39(4): 349-355.
951. Dyson, W.G.; Paterson, D.N. 1966. The selection and appraisal of plus-trees for the east African tree breeding programme. Forestry Tech. Note 17. Nairobi, Kenya: East African Agriculture and Forestry Research Organizations. 3 p.
952. Earl, D.E. 1968. Latest techniques in the treatment of natural high forest in South Mengo District. En: Papers, 9th British Commonwealth forestry conference; 1968 January 3-27; New Delhi, India. Entebbe, Uganda: Ministry of Agriculture, Forest Department. 26 p.
953. Earl, D.E. 1972. Does forestry need a new ethos? *Commonwealth Forestry Review*. 2(151): 82-89.
954. Earl, D.E. 1975. Forest energy and economic development. Oxford, UK: Clarendon Press. 128 p.
955. Eckholm, E. 1979. Planting for the future. Washington, DC. Worldwatch Institute. 64 p.
956. Eden, M.J. 1988. Crop diversity in tropical swidden cultivation: comparative data from Colombia and Papua New Guinea. *Agricultural Ecosystems and Environment*. 20(2): 127-136.
957. Edwards, M.V.; Howell, R.S. 1962. Planning an experimental programme for species trials. En: Papers, 8th British Commonwealth forestry conference; 1962 June 25-July 28; East Africa. [Lugar de publicación/editorial desconocidos]. 11 p.
958. Egg, A.B. [sin fecha]. Desarrollo sostenido de la selva. Serie Documentos Tec. 25. Lima, Peru: Instituto Nacional de Desarrollo Gerencia de Proyectos Especiales. 319 p.
959. Egger, K. 1981. Ecofarming in the tropics--characteristics and potentialities. *Plant Research and Development*. 13: 96-106.
960. Egler, F.E. 1942. Indigene versus alien in the development of arid Hawaiian vegetation. *Ecology*. 23(1): 14-23.
961. Egler, F.E. 1958. The nature of the relationship between climate, soil, and vegetation. En: Proceedings, 9th Pacific science congress; 1957 November 18-December 9; Bangkok, Thailand. Bangkok: Chulalongkorn University, Department of Science; 20: 50-56.
962. Egunjobi, J.K. 1974. Litterfall and mineralization in a teak (*Tectona grandis*) stand. *Oikos*. 25(2): 222-226.
963. Einspahr, D.W. 1976a. The influence of short-rotation forestry on pulp and paper quality. 1. Short-rotation conifers. *Tappi*. 59(10): 53-56.
964. Einspahr, D.W. 1976b. The influence of short-rotation forestry on pulp and paper quality. 2. Short-rotation hardwoods. *Tappi*. 59(11): 63-66.
965. Eiten, G. 1972. The cerrado vegetation of Brazil. *Botanical Review*. 38(2): 201-234.
966. Ekwebelam, S.A. 1974. Nursery techniques and establishment of pines in the south of Nigeria. *Obeche*. 10: 77-97.
967. Eldridge, K.G., compilador. 1975. *Eucalyptus camaldulensis*. Tropical Forestry Pap. 8. Oxford, UK: University of Oxford, Department of Forestry, Commonwealth Forestry Institute Canberra, Australia: Commonwealth Scientific and Industrial Research Organization, Division of Forest Research. 59 p.

968. Eldridge, K.G. 1976. Breeding systems, variation and genetic improvement of tropical eucalypts. En: Burley, J.; Styles, B.T., editores. Tropical trees: variation, breeding and conservation. Symposium Series 2. London, UK: Linnean Society: 101-108.
969. Elliott, G. 1956. Natural regeneration of *Eucalyptus saligna*. Tech. Note 2/56. Entebbe, Uganda: Forest Department. 2 p.
970. Ellis, D.S. 1951. A comparison of the silvicultural techniques in the high forests of Malaya, the Andamans and Benin, Nigeria. Special Subject. Oxford, UK: University of Oxford, Department of Forestry, Commonwealth Forestry Institute. 37 p.
971. Elton, C.S. 1973. The structure of invertebrate populations inside neotropical rain forests. *Journal of Animal Ecology*. 42(1): 55-104.
972. Encendencia, Ma. Eppie M. 1982. Biological nitrogen fixation in mangrove swamps. *Canopy*. 8(12): 10-11.
973. Endean, F. 1960. The Citemene system of cultivation. *Journal of the Oxford University Forestry Society* (5th Series). 8: 30-32.
974. Endean, F. 1966. The establishment of *Eucalyptus* species in Zambia by the Citemene technique. *Commonwealth Forestry Review*. 45(1): 15-27.
975. Endean, F.; Jones, B.E. 1972. Clean cultivation and the establishment of *Pinus kesiya* in Zambia. *East African Agricultural and Forestry Journal*. 38(2): 120-129.
976. Enemuch, P.O. 1970. The establishment and management of *Gmelina* plantations with special reference to Akpaka Forest Reserve. En: Onoche, C. F. A.; Adeyoju, S. Kolade, editores. The development of forest resources in the economic advancement of Nigeria. Lagos, Nigeria: University of Ibadan, Forestry Association: 259-270.
977. Enke, S. 1966. The economic aspects of slowing population growth. *Economic Journal*. 76(3): 44-56.
978. Entrican, A.R. 1957. The influence of markets on silviculture. Tech. Pap. 16. Wellington, New Zealand: Forest Service, Forest Research Institute. 16 p.
979. Erfurth, T. 1976. Toward the wider use of tropical wood products. *Unasylva*. 28(112/113): 119-126.
980. Erfurth, T.; Rusche, H. 1976. The marketing of tropical wood. A. Wood species from African tropical moist forests. Rome, Italy: Food and Agriculture Organization of the United Nations. 60 p.
981. Erlich, P.R.; Erlich, A.H.; Holden, J.P. 1977. *Ecoscience*. San Francisco, CA: W.H. Freeman and Company. 1053 p.
982. Estivill, R.R.; Cersosimo, F.J. 1957. Reseña comparativa de las plantaciones de *Eucalyptus* registradas hasta el presente. Paper: Primeros Jornales Argentinos 262-200. Buenos Aires, Argentina: Asociación de Eucalipto para Argentina. 3 p.
983. Etheridge, D.E. 1968. Preliminary observations on the pathology of *Pinus caribaea* Morelet in British Honduras. *Commonwealth Forestry Review*. 47(1): 72-80.
984. Evans, G.P. 1966. Temperature gradients in a tropical rain forest. *Journal of Ecology*. 34: 20-21.
985. Evans, H.B.L., compilador. 1977. Species and provenance trials 1972-77. London, UK: Ministry of Overseas Development. 34 p.
986. Evans, H.C. 1974. Natural control of arthropods, with special reference to ants (Formicidae), by fungi in the tropical high forest of Ghana. *Journal of Applied Ecology*. 11(1): 37-49.
987. Evans, J. 1972. An evaluation of the productivity of fast grown conifer crops during the second rotation in Swaziland. Bangor, Wales: University of Wales. 234 p.
988. Evans, J. 1974. Some aspects of the growth of *Pinus patula* in Swaziland. *Commonwealth Forestry Review*. 53: 57-62.
989. Evans, J. 1976. Plantations: productivity and prospects. *Australian Forestry*. 39(3): 150-163.
990. Evans, J. 1978. Long term productivity in tropical and subtropical plantations. En: Papers, 8th world forestry congress; 1978 October 16-28; Jakarta, Indonesia. Jakarta, Indonesia: 5: 857-865.
991. Evans, J. 1980. Long-term productivity of tropical plantations--an overview. En: Papers, 1980 IUFRO symposium and workshop on genetic improvement and productivity of fast-growing tree species; 1980 August 25-30; São Paulo, Brazil. São Paulo: Sociedade Brasileira de Silvicultura. 11p.
992. Evans, J. 1986. Plantation forestry in the Tropics--trends and prospects. *The International Tree Crops Journal*. 4: 3-15.
993. Evans, J. 1988. El bosque de Usutu: veinte años después. *Unasylva*. 40 (159): 19-29.
994. Evans, J. 1992. Plantation forestry in the Tropics: tree planting for industrial, social, environmental, and agroforestry purposes. Oxford, UK: Clarendon Press. 403 p.
995. Evans, M.I. 1984. Firewood versus alternatives: domestic fuel in Mexico. Oxford, UK: University of Oxford, Commonwealth Forestry Institute. 66 p.
996. Evans, R.W.; Duyker, W.M. 1965. Use of polythene bags as seedling containers in plantation establishment in the Tropics. Leaflet 93. Canberra, Australia: Forestry and Timber Bureau. 27 p.
997. Evert, F. 1973. Annotated bibliography on initial tree spacing. Information Rep. PMR-X-50. Ottawa, Canada: Department of the Environment, Canadian Forestry Service, Forest Management Institute. 149 p.
998. Ewel, J.J. 1968. Dynamics of litter accumulation under forest succession in eastern Guatemalan lowlands. Gainesville, FL: University of Florida. 85 p. Tesis de maestría en ciencias.
999. Ewel, J.J. 1971. Biomass changes in early tropical succession. *Turrialba*. 21(1): 110-112.
1000. Ewel, J.J. 1976. Litterfall and leaf decomposition in a tropical forest succession in eastern Guatemala. *Journal of Ecology*. 64(1): 293-308.

1001. Ewel, J.J. 1981. Secondary forests: the tropical wood resource of the future. En: Proceedings, 1979 simposio internacional sobre las ciencias forestales y su contribución al desarrollo de la América tropical; 1979; San Jose, Costa Rica: San Jose, Costa Rica [CONICIT], 53-60.
1002. Ewel, J.J.; Berish, C.; Brown, B. [y otros]. 1981. Slash and burn impacts on a Costa Rican wet forest site. Ecology. 62(3): 816-829.
1003. Ewel, J.J.; Conde, L. 1978. Environmental implications of any species utilization in the moist Tropics. En: Proceedings, 1978 conference on improved utilization of tropical forests; 1978 May 21-26; Madison, WI: Madison, WI. U.S. Department of Agriculture. Forest Service, Forest Products Laboratory: 106-123.
1004. Ewel, J.J.; Whitmore, J.L. 1973. The ecological life zones of Puerto Rico and U.S. Virgin Islands. Res. Pap. ITF-18. Rio Piedras, PR. U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Institute of Tropical Forestry. 72 p.
1005. Falkenhagen, E.R. 1979. Provenance variation in growth, timber and pulp properties of *Pinus caribaea* Morelet in South Africa. Bull. 59. Pretoria, South Africa: Department of Forestry. 65 p.
1006. Falla, R. 1968. Reforestación en zonas altas de América tropical. En: Proceedings, FAO world symposium on man-made forests and their industrial importance; 1967 April 14-24; Canberra, Australia. Rome, Italy: Food and Agriculture Organization of the United Nations; 2: 1137-1164.
1007. Fanshawe, D.B. 1947a. Studies of the trees of British Guiana. 1. Crabwood (*Carapa guianensis*). Tropical Woods. 90: 30-40.
1008. Fanshawe, D.B. 1947b. Studies of the trees of British Guiana. 2. Greenheart (*Ocotea rodiaei* [Schomb] Mex.). Tropical Woods. 92: 25-40.
1009. Fanshawe, D.B. 1948. Studies of the trees of British Guiana. Tropical Woods. 93: 1-28.
1010. Fanshawe, D.B. 1952. Regeneration of forests in the Tropics with special reference to British Guiana. En: Papers, 6th British Commonwealth Forestry conference; 1952 September; Ottawa, Canada. Georgetown, British Guiana: Forestry Department. [Páginas desconocidas].
1011. Fanshawe, D.B. 1954. Forest types of British Guiana. Caribbean Forester. 15: 73-111.
1012. Fanshawe, D.B. 1956a. Coppice with standards. Forest News, Project 5. Ndola, Northern Rhodesia: Forest Department. [Páginas desconocidas].
1013. Fanshawe, D.B. 1956b. Regeneration from clear felling. Forest News, Project 6. Ndola, Northern Rhodesia: Forest Department. [Páginas desconocidas].
1014. Fanshawe, D.B. 1960. Silviculture and management of miombo woodland. En: CSA meeting of specialists on open forests in tropical Africa; 1959 November 17-23; Ndola, Northern Rhodesia. London, UK: Scientific Council for Africa South of the Sahara: 126.
1015. Farnworth, E.G.; Golley, F.B., editores. 1973. Fragile ecosystems. Evaluation of research and applications in the neotropics. New York, NY: Springer Verlag. 258 p.
1016. Farvar, M.T.; Milton, J.P. 1972. The careless technology: ecology and international development. New York, NY: The Natural History Press. 1030 p.
1017. Faure, M. 1952. Rapport du Soudan. En: Proceedings, 1re conférence forestière interafricaine; Abidjan, Ivory Coast: [Lugar de publicación/editorial desconocidos] 137-152.
1018. Fearnside, P.M. 1979a. Cattle yield prediction for the Transamazon Highway of Brazil. Interciencia. 4(4): 220-226.
1019. Fearnside, P.M. 1979b. The development of the Amazon rain forest: priority problems for the formulation of guidelines. Interciencia. 4(6): 338-343.
1020. Fearnside, P.M. 1983. Development alternatives in the Brazilian Amazon: an ecological evaluation. Interciencia. 8(2): 65-78.
1021. Fearnside, P.M. 1986. Human carrying capacity of the Brazilian rainforest. New York, NY: Columbia University Press. 293 p.
1022. Fearnside, P.M.; Rankin, J.M. 1980. Jari and development in the Brazilian Amazon. Interciencia. 5(3): 146.
1023. Felker, P. 1981. Development of low water and nitrogen requiring plant ecosystems to increase and stabilize agricultural production of aridland developing countries. En: Background papers for a workshop on innovative biological technologies for lesser developed countries. Washington, DC: U.S. Congress, Office of Technological Assessment: 157-198.
1024. Felker, P., editor. 1986. Tree planting in semi-arid regions. New York, NY: Elsevier Science Publications. 444 p.
1025. Fenton, R. 1968. Rotations in man-made forests. En: Proceedings, 1967 FAO world symposium on man-made forests and their industrial importance; 1967 April 14-24; Canberra, Australia. Rome, Italy: Food and Agriculture Organization of the United Nations: 600-603.
1026. Fenton, R. 1979. Comparisons of Chilean and New Zealand radiata pine plantations. New Zealand Journal of Forestry. 24(1): 13-24.
1027. Fenton, R.; Roper, R.E.; Watt, G.R. 1977. Lowland tropical hardwoods. Our annotated bibliography of selected species with plantation potential. Wellington, New Zealand: Ministry of Foreign Affairs. 500 p.
1028. Fenton, R.; Watt, G.R. 1979. Costs of growing plantations of Caribbean pine in New Zealand. Commonwealth Forestry Review. 58(3): 191-196.
1029. Ferguson, J.H.A. 1954. Growth and yield of *Pinus merkusii* in Indonesia. Communication 43. Bogor, Indonesia: Forest Research Institute: Reprinted from Tectona 43: 21-36, 1953.
1030. Fernandez, S.P. 1951. The kind bamboo: its economic value. Forest Leaves, Philippines. 4: 21-23.

1031. Fernando, S.N.U. 1965. Teak in Ceylon nurseries. Ceylon Forester. 7(1/2): 57-59.
1032. Ferrari, G.; Scaramuzzi, G. 1979. Effect of tree spacing on wood density in *Eucalyptus globulus* and *E. x trabutii*. En: Proceedings, FAO technical consultation on fast-growing plantation broadleaved trees for Mediterranean and Temperate Zones; 1979 October 16-20; Lisbon, Portugal. Rome, Italy: Food and Agriculture Organization of the United Nations: 225-235.
1033. Ferri, M.G. 1960. Contribution to knowledge of the ecology of the Rio Negro caatinga (Amazon). Bulletin, Research Council of Israel. 80(3/4): 195-207.
1034. Ferri, M.G. 1961. Aspects of the soil-water-plant relationships in compaction with some Brazilian types of vegetation. En: Tropical soils and vegetation. Paris, France: United Nations Educational, Scientific, and Cultural Organization: 103-109.
1035. Fielding, J. M. 1967. The influences of silvicultural practices on wood properties. En: International review of forestry research. London, UK: Academic Press; 2: 95-121.
1036. Fielding, J.M. 1970. Trees grown from cuttings compared with trees grown from seed (*Pinus radiata* D. Don). Silvae Genetica. 19(2/3): 54-63.
1037. Fielding, J.M. 1972. A handbook of methods for the establishment of pine plantations in west Malaysia. Rep. FO:ST/MALR, Working Pap. 20. Rome, Italy: Food and Agriculture Organization of the United Nations. 43 p.
1038. Figueroa, J.C.; Whitmore, J.L. 1980. Three species of *Eucalyptus* tested in Puerto Rico five years after outplanting. Southern Journal of Applied Forestry. 4(4): 169-174.
1039. Figueroa Colon, J.C.; Wadsworth, F.H.; Branham, S., editores. 1987. Management of the forests of tropical America. Rio Piedras, PR: U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Institute of Tropical Forestry. 469 p.
1040. Finlayson, W. 1951. Forestry in mangroves: a survey of the literature. Oxford, UK: University of Oxford, Department of Forestry, Commonwealth Forestry Institute. 33 p.
1041. Finol, H. 1976. Métodos de regeneración natural en algunos tipos de bosques venezolanos. Revista Forestal Venezolana. 26: 17-44.
1042. Fishwick, R.W. 1976. Influencia do espaçamento inicial e práticas de desbastes na forma das árvores dos plantios de *Pinus elliottii*. Comunicação Tec. 2. Brasília, Brazil: Projeto de Desenvolvimento e Pesquisa Florestal. 9 p.
1043. Fishwick, R.W. 1977a. Datos iniciales sobre podas em *Pinus elliottii*. Comunicação Tec. 5. Brasília, Brazil: Projeto de Desenvolvimento e Pesquisas Florestal. 6 p.
1044. Fishwick, R.W. 1977b. Determinação de curvas de índice de sitio para *Pinus elliottii*. Comunicação Tec. 6. Brasília, Brazil: Projecto de Desenvolvimento e Pesquisa Florestal. 10 p.
1045. Fittkau, E.J.; Klinge, H. 1973. On biomass and trophic structure of the central Amazonian rain forest ecosystem. Biotropica. 5(1): 2-14.
1046. Fleming, T.H. 1975. The role of small mammals in tropical ecosystems. En: Golley, F.B.; Petruszewicz, K.; Ryszkowski, L., editores. Small mammals, their productivity and population dynamics. Cambridge, UK: Cambridge University Press: 269-298.
1047. Flenley, J.R. 1979. The equatorial rain forest: a geological history. London, UK: Butterworths. 162 p.
1048. Flinn, D.W.; Hopmans, P.; Farrell, P.W. [y otros]. 1979. Nutrient loss from the burning of *Pinus radiata* logging residue. Australian Forest Research. 9(1): 17-24.
1049. Flinta, C.M. 1960. Prácticas de plantación forestal en América Latina. Forestry Development Rep. 15. Rome, Italy: Food and Agriculture Organization of the United Nations. 498 p.
1050. Florence, R.G. 1967. Factors that may have a bearing upon the decline of productivity under forest monoculture. Australian Forestry. 31: 50-71.
1051. Florence, R.G.; McWilliam, J.R. 1956. The influence of spacing on seed production: its application to forest tree increment. Res. Note 2. Brisbane, Australia: Queensland Forest Department. 19 p.
1052. Foggie, A. 1945. On girth increment and age of trees with special reference to the management of irregular tropical forest. Empire Forestry Review. 24: 176-191.
1053. Foggie, A. 1957. Forestry problems in the closed forest zone of Ghana. Journal of the West African Science Association. 3(2): 131-147.
1054. Foggie, A. 1962. Natural regeneration in the humid tropical forest. En: Proceedings, 5th world forestry congress; 1960 August 29-September 10; Seattle, WA. Washington, D.C., U.S. Department of Agriculture, Forest Service. 3: 1941-1946.
1055. Foley, T.A. 1965. Industries based on New Zealand's exotic softwood forests. New Zealand Journal of Forestry. 10(1): 62-72.
1056. Fonseca Filho, C. de A. 1948a. Notas sobre o jacare, (*Piptadenia communis* Benth). Revista Ceres. 7(41): 355-360.
1057. Fonseca Filho, C. de A. 1948b. Reflorestamento com finalidade exclusiva de produção rápida de Lenha para combustível e carvão vegetal. Revista Ceres. 7(42): 429-437.
1058. Fontaine, R.G. 1976. The impact upon the environment of forestry practices in tropical moist forests. Document FO:FDT/76/8(b). Rome, Italy: Food and Agriculture Organization of the United Nations, Committee on Forest Development in the Tropics. 20 p.
1059. Foot, D.L. 1967. Pulpwood management trials. M. 342/3. A progress report. Silvicultural Res. Record 5. Dedza, Malawi: Silvicultural Research Station. 3 p.
1060. Foot, D.L. 1968a. *Eucalyptus saligna* fertilizer trials: M. 362. A progress report. Silvicultural Res. Record 29. Dedza, Malawi: Silvicultural Research Station. 5 p.

Bibliografía

1061. Foot, D.L. 1968b. *Pinus patula* pruning trial: M. 311. A preliminary report. Silvicultural Res. Record 19. Dedza, Malawi: Silvicultural Research Station. 17 p.
1062. Foote, T.K. 1953. An economic survey of the Enugu pitwood plantation during the period 1923-1951. Special Subject. Oxford, UK: University of Oxford, Department of Forestry, Commonwealth Forestry Institute. 39 p.
1063. Ford, E. 1955. Tree planting in arid regions. *World Crops*. 7(9): 353-356.
1064. Ford, E. 1975. Competition and stand structure in some even-aged plant monocultures. *Journal of Ecology*. 63: 311-333.
1065. Ford, L.B. 1980. A survey of pests in forest plantations in Costa Rica. Turrialba, Costa Rica: Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza. 53 p.
1066. Ford-Robertson, F.C., editor. 1971. Terminology of forest science, technology practice, and products. The multilingual forestry terminology series 1. Washington, DC: Society of American Foresters. 349 p.
1067. Fordham, A.J. 1968. Vegetative propagation of *Albizia*. *American Nurseryman*. 128(4): 7-63.
1068. Forester, J. 1959. Fertilité des sols des cafetières en République Centrafricaine. 1. Etudes de l'humidité de sol sous différentes couvertures en cultures cafetière. *L'agronomie Tropicale*. 14(3): 306-322.
1069. Fors, A. 1947. El pino macho *Pinus caribaea*, en Las Lomas de Trinidad, Cuba. *Caribbean Forester*. 8(2): 125-134.
1070. Fors y Reyes, A. 1947. Manual de silvicultura. La Habana, Cuba: Ministerio de Agricultura. 323 p.
1071. Forster, R.R. 1973. Planning for man and nature in national parks: reconciling perpetuation and use. Publication 26. Morges, Switzerland: International Union for the Conservation of Nature and Natural Resources. 84 p.
1072. Fosberg, F.R. 1960. Nature and detection of plant communities resulting from activities of early man. En: *Proceedings, Symposium of the impact of man on humid tropics vegetation*; 1960; Goroka, Papua New Guinea. Goroka, Papua New Guinea: United Nations Educational, Scientific, and Cultural Organization: 251-262.
1073. Fosberg, F.R.; Garnier, B.J.; Kuchler, A.W. 1961. Delimitation of the humid Tropics. *Geographical Review*. 51(3): 333-347.
1074. Foth, H.D.; Schafer, J.W. 1980. Soil geography and land use. New York, NY: John Wiley & Sons. 484 p.
1075. Fournier, L.A. 1976a. El dendrofenograma, una representación gráfica del comportamiento fenológico de los árboles. *Turrialba*. 26(1): 96-97.
1076. Fournier, L.A. 1976b. Observaciones fenológicas en el bosque húmedo de premontaña de San Pedro de Montes de Oca, Costa Rica. *Turrialba*. 26(1): 54-59.
1077. Fournier, L.A.; Castro, L.C. 1973. Producción y descomposición del mantillo en un bosque secundario húmedo de premontane. *Revista de Biología Tropical*. 21: 59-67.
1078. Fournier, L.A.; Herrera de Fournier, M.E. 1977. La sucesión ecológica como un método eficaz para la recuperación del bosque en Costa Rica. *Agronomía Costarricense*. 1(1): 23-29.
1079. Foury, P. 1956. Comparaison des méthodes d'enrichissement utilisées en forêt dense équatoriale. *Bois et Forêts des Tropiques*. 47: 15-25.
1080. Fox, J.E.D. 1967a. The growth of *Gmelina arborea* Roxb. (Yemane) in Sierra Leone. *Commonwealth Forestry Review*. 46(2): 138-144.
1081. Fox, J.E.D. 1967b. Production in regenerating forest. En: *Papers, 2d symposium on scientific and technological research*; Kuala Lumpur, Malaysia: [Lugar de publicación/editorial desconocidos] 9 p.
1082. Fox, J.E.D. 1967c. Selective logging in the Philippine dipterocarp forest. *Malayan Forester*. 30(3): 182-190.
1083. Fox, J.E.D. 1968a. Logging damage and the influence of climber cutting prior to logging in the lowland dipterocarp forest of Sabah. *Malayan Forester*. 31(4): 326-347.
1084. Fox, J.E.D. 1968b. Some data on the growth of *Anthocephalus cadamba* (Roxb.) Miq. in Sabah. *Malayan Forester*. 31: 89-100.
1085. Fox, J.E.D. 1969a. Climbers in the lowland dipterocarp forest. *Commonwealth Forestry Review*. 48(3): 196-198.
1086. Fox, J.E.D. 1969b. The soil damage factor in present day logging in Sabah. *Sabah Society Journal Kota Kinabala*. 5(1): 43-52.
1087. Fox, J.E.D. 1970. Yield plots regenerating forests. *Malayan Forester*. 33(1): 7-41.
1088. Fox, J.E.D. 1971. *Anthocephalus chinensis*, the laran tree of Sabah. *Economic Botany*. 25(3): 221-233.
1089. Fox, J.E.D. 1971-72. Wilding stock for re-forestation of unstocked areas following exploitation in dipterocarp forest. *Coedwigwr*. 6(4): 123-128.
1090. Fox, J.E.D. 1972. Effets de l'utilisation accrue de la forêt naturelle sur le succès de la régénération naturelle a Sabah. *Bois et Forêts des Tropiques*. 141: 3-27.
1091. Fox, J.E.D. 1977. Alternation and coexistence of forest trees. *American Naturalist*. 111(977): 69-89.
1092. Fox, J.E.D. [sin fecha]. Current work in Sabah in stand composition. North Borneo, Malaysia: Sandakan Forest Department. 6 p.
1093. Foxworthy, F.W. 1909. Indo-Malayan woods. *Philippine Journal of Science*. 4: 409-592.
1094. Foxworthy, F.W. 1921. Commercial woods of the Malay Peninsula. No. 1. Calcutta, India: Malayan Forest Records. 150 p.
1095. Foxworthy, F.W. 1927. Commercial timber trees of the Malay Peninsula. No. 3. Singapore: Malayan Forest Records. 195 p.

1096. Francis, J. 1984-Present. International Institute of Tropical Forestry silvics manual. Rio Piedras, PR: U.S. Department of Agriculture, Forest Service, International Institute of Tropical Forestry. (A la fecha 73 distintas especies aparecen en folletos separados).
1097. Frankie, G.W.; Baker, H.G.; Opler, P.A. 1974a. Comparative phenological studies of trees in tropical wet and dry forest in the lowlands of Costa Rica. *Journal of Ecology*. 62: 881-919.
1098. Frankie, G.W.; Baker, H.G.; Opler, P. 1974b. Tropical plant phenology: applications for studies in community ecology. En: Lieth, H., editor. *Phenology and seasonality modelling*. Ecological Studies 8. New York, NY: Springer Verlag. 287 p.
1099. Franklin, D.A.; Beveridge, A.E. 1975. Forest management and research in indigenous production forests. *New Zealand Journal of Forestry*. 20(1): 63-71.
1100. Franson, C.G.B. 1970. The course of growth of *Pinus caribaea* var *hondurensis* throughout the year in west Malaysia. *Malaysian Forester*. 33(3): 240-242.
1101. Fraser, A. 1965. El raleo forestal y su aplicabilidad a las plantaciones de pino parana y de los pinos exóticos en la provincia de Misiones. IDIA (sigla desconocida). 208: 1-12.
1102. Fraser, H.R. 1981. Cutover tropical forests returned to productivity. *World Wood*. 22(6): 18-20.
1103. Freezaillah bin Che Yeom. 1966. Some notes on *Pinus caribaea* Mor. grown in Malaya. Res. Pamphlet 54. Kepong, Malaya: Forest Department, Forest Research Institute. 24 p.
1104. Freezaillah bin Che Yeom. 1984. Lesser known tropical wood species: how bright is their future? *Unasylya*. 36(145): 2-16.
1105. Freezaillah bin Che Yeom; Sandrasegaran, K.; Singham, S.S. 1966. Permanent sample plot information on stocking, growth and yield of *Eucalyptus robusta* Sm in Cameroun highlands. Res. Pamphlet 48. Kepong, Malaya: Forest Department, Forest Research Institute. 38 p.
1106. Freitas, M. de; Silva, A.P. da; Neto, F.G. [y otros]. 1979. O interplantio como alternativa para rotações sucessivas em *Eucalyptus*. IPEF. (Instituto de Pesquisa e Estudos Florestais) 19: 1-16.
1107. Frisk, T. 1979. Utilización de las maderas tropicales mixtos para papel. *Unasylya*. 30(122): 14-26.
1108. Frissel, M.J. 1977. Cycling of mineral nutrients in agricultural ecosystems. *Agro-ecosystems*. 4: 1-354.
1109. Frolund, H. 1962. Means of promoting forestry on small woodlots in Denmark. En: *Proceedings, 5th world forestry congress; 1960 August 29-September 10; Seattle, WA*. Seattle, WA: University of Washington; 2: 1158-1163.
1110. Gachot, R.; Gallant, M.N.; McGrath, K.P. 1953. Report to the government of Brazil on forest development in the Amazon Valley. *FAO Rep.* 171. Rome, Italy: Food and Agriculture Organization of the United Nations. 152 p.
1111. Galinato, P.F. 1966. Management and silviculture of Philippine dipterocarp forests. Special Subject. Oxford, UK: University of Oxford, Department of Forestry, Commonwealth Forestry Institute. 56 p.
1112. Gallant, M.N. 1959. Forestry and the timber trade in the Caribbean area. Part 1 and Part 2. Report to the Caribbean Commission 1060. Rome, Italy: Food and Agriculture Organization of the United Nations. [Páginas desconocidas].
1113. Galloway, G. 1986. Guía sobre la repoblación forestal en la sierra ecuatoriano. Quito, Ecuador: Ministerio de Agricultura y Ganadería. 291 p.
1114. Galloway, G., editor. 1993. Manejo de plantaciones forestales, guía técnica para el extensionista forestal. Colección materiales de extensión. 1. Turrialba, Costa Rica. Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza. 59 p.
1115. Galloway, G.; Borgo, G. 1984. Guía para el establecimiento de plantaciones forestales en la sierra peruana. Lima, Peru: INFOR/FAO. 145 p.
1116. Galous, A. 1971. Flux et transferts d'énergie au niveau des écosystèmes forestiers. En: *Productivity of forest ecosystems*. Paris, France: United Nations Educational, Scientific, and Cultural Organization: 21-40.
1117. Galvao, A.M.P.; Ferreira, C.A.; Teixeira, L.B. 1979. Observações sobre o comportamento do jacaranda-da-bahia (*Dalbergia negra* Fr. Allem.) em povoamento puro na Amazonia. *Instituto de Pesquisas e Estudos Florestais*. 19: 47-59.
1118. Gamble, J.S. 1902. A manual of Indian timbers. London, UK: 856 p.
1119. Ganchev, S.P. 1972. Ecological characteristics of the most widely distributed communities of the Northern Cupeyal Nature Reserve. *Serie Forestal* 8. Habana, Cuba: Departamento de Ecología Forestal, Academia de Ciencias. 43 p.
1120. Gane, M. 1969. Priorities in planning. Cost/benefit methodology and simulation with special reference to forestry and economic development in Trinidad. *Institute Pap.* 43. Oxford, UK: University of Oxford, Commonwealth Forestry Institute. 101 p.
1121. Gane, M. 1970. Hurricane risk assessment in Fiji. *Commonwealth Forestry Review*. 49: 253-256.
1122. Ganguli, B.N. 1967. Mexican pines and their possibilities in India. *Indian Forester*. 93(9): 633-645.
1123. Garbell, M.A. 1947. Tropical and equatorial meteorology. New York, NY: Pittman Publishing Company. 237 p.
1124. Garcia Gutierrez, A. 1976. Algunos aspectos del ciclo de vida de dos especies arbóreas tropicales de diferentes estados sucesionales. En: *Investigaciones sobre la regeneración de selvas altas en Veracruz, Mexico*. Ciudad Mexico, Mexico: Compañía Editorial Continental: 594-640.
1125. Gates, D.M. 1971. The flow of energy in the biosphere. *Scientific American*. 224: 88-100.

1126. Gauchotte, J. 1958a. La croissance de l'okoume en peuplements spontanés (Gabon). En: Proceedings, 2e conférence forestière interafricaine; 1958 July 3-11; Pointe Noire, Congo. Brussels, Belgium: Ministry of Foreign Affairs: 174-184.
1127. Gauchotte, J. 1958b. Essais de prolongation du pouvoir germinatif des graines d'okoume. En: Proceedings, 2e conférence forestière interafricaine; 1958 July 3-11; Pointe Noire, Congo. Brussels, Belgium: Ministry of Foreign Affairs: 371-378.
1128. Gause, G.F. 1934. The struggle for existence. Baltimore, MD: Williams and Wilkins. 134 p.
1129. Geary, T.F. 1969. Adaptability of Mexican and Central American provenances of *Swietenia* in Puerto Rico and St. Croix. En: Papers, 2d FAO/IUFRO world consultation on forest tree breeding; 1969 August 7-16; Washington, DC. Rome, Italy: Food and Agriculture Organization of the United Nations: 243-253.
1130. Geary, T.F.; Nobles, R.W.; Briscoe, C.B. 1972. Hybrid mahogany recommended for planting in the Virgin Islands. Research Pap. ITF-15. Rio Piedras, PR: U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Institute of Tropical Forestry. 4 p.
1131. Geary, T.F.; Zambrana, J.A. 1972. Must Honduras pine be weeded frequently in Puerto Rico? Res. Pap. ITF-16. Rio Piedras, PR: U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Institute of Tropical Forestry. 16 p.
1132. Geilfus, F. 1994. El árbol al servicio del agricultor. Manual de agroforestería para el desarrollo rural. 2 volúmenes: 1. Principios y técnicas, 2. Guía de especies. Manual técnico/CATIE 9. Turrialba, Costa Rica: CATIE, Serie técnica. 1,435 p.
1133. Gentili, S. 1968. A geography of climate. En: Trewartha, G.T., editor. An introduction to climate. 4a edición. New York, NY: McGraw-Hill Book Company. 12 p.
1134. Gentle, W. 1987. Trans-Pacific views of the forestry profession. Australian Forestry. 50(3): 147-150.
1135. Gentry, A.H. 1986 An overview of neotropical phytogeographic patterns with an emphasis on Amazonia. En: Proceedings, Simposio do trópico unido; 12-17 November 1984; Belem, Para, Brazil. Belem, Brazil: Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuaria; 2: 19-35.
1136. Gentry, A.H. 1988. Tree species richness of upper Amazon forest. Proceedings of the National Academy of Science of the United States of America. 85(1): 156-159.
1137. Gentry, A.H.; Dodson, C. 1987. Contributions of nontrees to species richness of a tropical rain forest. Biotropica. 19: 149-156.
1138. Gentry, H.S. 1958. The natural history of jojoba (*Simmondsia chinensis*) and its cultural aspects. Economic Botany. 12(3): 261-295.
1139. George, M. 1982. Litter production and nutrient return in *Eucalyptus* hybrid plantations. Indian Forester. 108(4): 253-260.
1140. Geortay, G. 1956. Données de base pour la gestion de paysannats de cultures vivrières en region equatoriale forestière. Boletim Informativo Instituto Nacional Etude Agronomique Congo Belge. 5(4): 219-236.
1141. Gerrard, D.J. 1968. Competition quotient: an index of the competitive stress affecting individual forest trees. Dissertation Abstracts. B 29(2): 426-427.
1142. Gerrard, D.J. 1969. Competition quotient: a new measure of the competition affecting individual forest trees. 12-17 November 1984; Lansing, MI: Michigan State University, Agricultural Experiment Station, Department of Forestry. Res. Bull. 20. 32 p.
1143. Gerstner, J. 1946. Some factors affecting the perpetuation of our indigenous silva. Journal of the South African Forestry Association. 13: 4-11.
1144. Ghosh, R.C. 1975. The protective role of forestry to the land. Indian Forester. 101(1): 28.
1145. Gibson, I.A.S.; Jones, T. 1977. Monoculture as the origin of major forest pests and diseases. En: Cherrett, J.M.; Sagar, G.R., editores. Origins of pest, parasite, disease, and weed problems. Oxford, UK: Blackwell Scientific Publications: 139-161.
1146. Gibson, I.A.S.; Nylund, J. 1976. Sudden death, a disease of cadam. Commonwealth Forestry Review. 55(3): 219-227.
1147. Giffard, P.L. 1975. Les gommiers, essences de reboisement pour les régions sahéliennes. *Acacia senegal*, *Acacia laeta*. Bois et Forêts des Tropiques. 161: 3-21.
1148. Gill, L.S. 1970. Enrichment planting--its future in hill forest silviculture. Malayan Forester. 33(2): 135-143.
1149. Gillespie, A.J.R. 1992. *Pinus patula* Schiede and Deppe. Patula pine. Publication SO-ITF-SM-54. Rio Piedras, PR: U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Southern Forest Experiment Station, Institute of Tropical Forestry. 5 p.
1150. Gilmour, D.A. 1971. The effects of logging on streamflow and sedimentation in a north Queensland rain forest catchment. Commonwealth Forestry Review. 50(1): 38-48.
1151. Gleissman, S.R. 1981a. The ecological basis for the application of traditional agricultural technology in the management of tropical agro-systems. Agro-systems. 7: 173-185.
1152. Gleissman, S.R. 1981b. Multiple cropping systems: a basis for developing an alternative agriculture. En: Background papers for a workshop on innovative biological technologies for lesser developed countries. Washington, DC: U.S. Congress, Office of Technology Assessment Workshop: 199-242.
1153. Glerum, B. 1960. Report to the government of Brazil on a forest inventory in the Amazon Valley. Part 5. [Region between Rio Caete and Rio Maracassume.] Rep. 1250. Rome, Italy: Food and Agriculture Organization of the United Nations. 67 p.

1154. Glerum, B.; Smit, G. 1960. Report to the government of Brazil. Forest inventory in the Amazon Valley. Part 6. [100 percent survey of Rio Curua Uno region.] Rep. 1271. Rome, Italy: Food and Agriculture Organization of the United Nations. 14 p.
1155. Glerum, B.; Smit, G. 1962a. Report to the government of Brazil on a combined forestry-soil survey along the road BR-14 from São Miguel do Guana to Imperatriz. FAO/ETAP Rep. 1483. Rome, Italy: Food and Agriculture Organization of the United Nations. 130 p.
1156. Glerum, B.; Smit, G. 1962b. Report to the government of Brazil on a forest inventory in the Amazon Valley. Part 7. [A survey in the Ucuuba bearing region of the Tocantins River.] Report 1492. Rome, Italy: Food and Agriculture Organization of the United Nations. 8 p.
1157. Goddard, R.E. 1973. Breeding to improve conifers for planting in the Tropics. En: Selection and breeding to improve some tropical conifers. Oxford, UK: Commonwealth Forestry Institute. Queensland, Australia: Department of Forestry. 2: 148-154.
1158. Godlee, J.L.R.; White, K.J. 1976. Enrichment planting with *Araucaria hunsteinii* K. Schum. Tropical Forestry Res. Note SR-33. Papua New Guinea: Office of Forests. 5 p.
1159. Goebel, N.B.; Warner, J.R.; Van Lear, D.H. 1974. Periodic thinnings in loblolly pine stands: growth, yield, and economic analysis. Forest Res. Series 28. Clemson, SC: Clemson University Press. 11 p.
1160. Golfari, L. 1957. Distribución y ecología de algunos eucaliptos cultivados en la Argentina. En: Ponencias para las 1a jornadas argentinas de Eucalipto. Buenos Aires, Argentina: Asociación Forestal Argentina. 9 p.
1161. Golfari, L. 1959. Notas sobre el cultivo de pinos y de otras coníferas en la Argentina. Revista Argentina de Agronomía. 26(3/4): 65-99.
1162. Golfari, L. 1961. General report--acclimatization and distribution. En: Ponencias para la primera reunión regional de coníferas. Buenos Aires, Argentina: Asociación Forestal Argentina: 108-111.
1163. Golfari, L. 1963. Climatic requirements of tropical and subtropical conifers. Unasylva. 17: 33-42.
1164. Golfari, L. 1965. Regiones potencialmente aptas para plantaciones de pinos y otras coníferas en América Latina. IDIA (sigla desconocida) Supplement. 16: 19-48.
1165. Golfari, L. 1967. Coníferas aptas para repoblaciones forestales en el estado de São Paulo. Silvicultura em São Paulo. 6: 7-62.
1166. Golfari, L. 1968a. El balance hídrico de Thorntwaite como guía para establecer analogías climáticas. Algunos ejemplos en *Pinus radiata* D. Don. En: World symposium on man-made forests and their industrial importance; 1967 April 14-25; Canberra, Australia. Rome, Italy: Food and Agriculture Organization of the United Nations. 2: 981-992.
1167. Golfari, L. 1968b. Conifers suitable for planting in the state of São Paulo. Rep. TA 2364. Rome, Italy: Food and Agriculture Organization of the United Nations. 42 p.
1168. Golfari, L. 1968-69. El incremento medio anual de altura como medida de calidad de estación en *Pinus elliottii*, Engelm. IDIA (sigla desconocida) Suplemento Forestal 5: 27-30.
1169. Golfari, L. 1970a. Conifers suitable for reforestation in the States of Parana, Santa Catarina, and Rio Grande do Sul. Rep. TA 2858. Rome, Italy: Food and Agriculture Organization of the United Nations. 86 p.
1170. Golfari, L. 1970b. Situação da silvicultura do eucalipto no Brasil. Brasil Florestal. 1(1): 13-18.
1171. Golfari, L. 1972. Response of some tropical and subtropical conifers to various site conditions in Brazil. En: Burley, J.; Nikles, D.M., editores. Selection and breeding to improve some tropical conifers. Oxford, UK: Commonwealth Forestry Institute. Queensland, Australia: Department of Forestry: 264-273.
1172. Golfari, L. 1975a. Fantasías e realidades sobre plantios de eucaliptos. O Eucalipto e a Ecologia. [Lugar de publicación/editorial desconocidos] 17-22.
1173. Golfari, L. 1975b. O problema do cancro do Eucalipto, causado por *Diaporthe cubensis* Bruner, sob o ponto de vista ecológico. Brasil Florestal. 6(23):3-8.
1174. Golfari, L. 1975c. Zoneamento ecológico do estado de Minas Gerais para reflorestamento. Rep. PNUD/FAO/IBDF/BRA-45. Serie Técnica 3. Rome, Italy: Food and Agriculture Organization of the United Nations. 65 p.
1175. Golfari, L. 1976. Viagem de estudos sobre assuntos florestais: África do Sul, Austrália, Papua Nova Guiné, Timor e Taiwan. Serie Divulgação 7. Belo Horizonte, Brasil: Projeto de Desenvolvimento e Pesquisas Florestal. 31 p.
1176. Golfari, L. 1977. Problemas atuais da silvicultura brasileira. Rep. PNUD/FAO/IBDF/BRA-45. Comunicação Técnica 12. Rome, Italy: Food and Agriculture Organization of the United Nations. 11 p.
1177. Golfari, L. 1978a. Ecological zoning for reforestation in subtropical and tropical regions. UNDP/FAO Field Document 25. Brasília, Brazil: Brazilian Institute for Forestry Development, Project BRA/76/027. 18 p.
1178. Golfari, L. 1978b. Zoning for reforestation in Brazil and trials with tropical *Eucalyptus* and pines in central region. UNDP/FAO Tech. Rep. 12. Brasília, Brazil: Brazilian Institute for Forestry Development, Project BRA/76/027. 42 p.
1179. Golfari, L. 1981. Selección de sitios y de especies para establecer plantaciones de coníferas en el trópico. IFLA (Instituto Forestal Latinoamericana). 1: 9-18.
1180. Golfari, L.; Barrett, W.H.G. 1967. Comportamiento de las coníferas cultivadas en Puerto Piray, Misiones. IDIA (sigla desconocida), Suplemento Forestal. 4: 31-52.

1181. Golfari, L.; Caser, R.L. 1977. Zoneamento ecológico da região nordeste para experimentação florestal. Serie Técnica 10. Belo Horizonte, Brazil: Projeto de Desenvolvimento e Pesquisa Florestal. 114 p.
1182. Golfari, L.; Caser, R.L.; Moura, V.P.G. 1978. Zoneamento ecológico esquemático para reforestamento no Brasil. Serie Técnica 11. Belo Horizonte, Brasil: Projeto de Desenvolvimento e Pesquisa Florestal. 66 p.
1183. Golley, F.; Yantko, J.; Jordan, C. 1980. Biogeochemistry of tropical forests: 2. The frequency distribution and mean concentration of selected elements in a forest near San Carlos de Rio Negro, Venezuela. *Tropical Ecology*. 21(1): 71-80.
1184. Golley, F.; Yantko, J.; Richardson, T. [y otros]. 1980. Biogeochemistry of tropical forests: 1. The frequency distribution and mean concentration of selected elements near Manaus, Brazil. *Tropical Ecology*. 21(1): 59-70.
1185. Golley, F.B.; Lieth, H. 1972. Bases of organic production in the Tropics. En: Golley, P.M.; Golley, F.B., editores. *Tropical ecology with an emphasis on organic production*. Athens, GA: University of Georgia Press. 418 p.
1186. Golley, F.B.; McGinnis, J.T.; Clements, R.G. [y otros]. 1969. The structure of tropical forests in Panama and Colombia. *Bio-Science*. 19(8): 693-696.
1187. Golley, F.B.; McGinnis, J.T.; Clements, R.G. [y otros]. 1975. Mineral cycling in a tropical moist forest ecosystem. Athens, GA: University of Georgia Press. 248 p.
1188. Gomez-Nava, M. del S. 1976. Combate del "damping off" en semilleros forestales. *Boletín Divulgativo* 42. Ciudad Mexico, Mexico: Instituto Nacional de Investigaciones Forestales. 11 p.
1189. Gomez-Pompa, A.; del Amo, R. Silvia, editores. 1985. *Investigaciones sobre la regeneración de selvas altas en Veracruz, Mexico*. Xalapa, Mexico: Instituto Nacional de Investigaciones sobre Recursos Bióticos. 421 p. Vol. 2.
1190. Gomez-Pompa, A.; Vazques-Yanes, C. 1972. The tropical rain forest: a nonrenewable resource. *Science*. 177: 762-765.
1191. Gomez-Pompa, A.; Vazquez-Yanes, C. 1974. Studies on the secondary succession of tropical lowlands: the life cycle of secondary species. En: *Proceedings, 1st international congress of ecology, 1974*. Wageningen, The Netherlands. The Hague, The Netherlands: 336-342.
1192. Gomez-Pompa, A. 1976. *Investigaciones sobre la regeneración de selvas altas en Veracruz, Mexico*. Ciudad Mexico: Compañía Editorial Continental. 676 p.
1193. Gomez Ricano, J.R. 1966. Plantaciones forestales en Cuba. En: *Proceedings, 6th world forestry congress; 1966 June*; Madrid, Spain. Madrid, Spain: Food and Agriculture Organization of the United Nations, Comité de Edición: 1612-1622.
1194. Gomez Ricano, J.R.; Feliciano, F.; Eremeev, A. [y otros]. 1976. Clasificación de los bosques de Cuba por la importancia de las especies de árboles. *Baracoa*. 6(3/4): 27-43.
1195. Gonggryp, J.W. 1948. Quelques remarques sur l'emploi d'essences exotiques et indigènes dans la sylviculture tropicale. *Bois et Forêts des Tropiques*. 7(3): 251-257.
1196. Gonzalez, M.C.; Grijpma, P. 1968. Germinación y sobrevivencia al repique de *Anthocephalus cadamba* Meq. *Turrialba*. 18(4): 409-415.
1197. Gonzalez, R.M. 1970. Rendimiento de plantaciones forestales en el trópico. *Anales Científicos del Departamento de Publicaciones de la Universidad Nacional Agraria La Molina*. 8(1/2): 109-121.
1198. Gonzalez de Moya, M. 1955. Ordenación de un bosque subtropical de crecimiento secundario en Costa Rica. *Suplemento Bibliográfico de Turrialba*. 6(1/2): 71.
1199. Gonzalez Navarro, M. 1978a. Accesibilidad a zonas de plantación. En: *Plantaciones forestales--primera reunión nacional*. Durango, Mexico: Instituto Nacional de Investigaciones Forestales: 216-218.
1200. Gonzalez Navarro, M. 1978b. Estudio de la fauna silvestre en el sureste de Jalisco. En: *La investigación forestal en las unidades forestales y organismos descentralizados--su coordinación e integración--primera reunión*. Durango, Mexico: Instituto Nacional de Investigaciones Forestales: 197-200.
1201. Gonzalez Rondon, O.A.; Eremeev, A. 1976. Cálculo de los coeficientes de edad para seis especies maderables de Cuba. *Baracoa*. 6(3-4): 44-48.
1202. Good, R.D. 1953. *The geography of the flowering plants*. New York, NY: Longman and Green. 413 p.
1203. Goodall, D.W. 1975. Predicting the results of human intervention in the moist Tropics. *FAO Document*. Rome, Italy: Food and Agriculture Organization of the United Nations. 6 p. [Mimeógrafo].
1204. Goodland, R. 1986. Environmental aspects of Amazonian development projects in Brazil. *Interciencia*. 11(1): 16-24.
1205. Goodland, R. 1989. *Environment and development: progress of the World Bank (and speculation towards sustainability)*. Washington, DC: World Bank. 26 p.
1206. Goodland, R.; Irwin, H.S. 1975. Amazon jungle: green hell to red desert? An ecological discussion of the environmental impact of the highway construction program in the Amazon Basin. The Hague, Netherlands: Elsevier Scientific Publishing Company. 155 p.
1207. Goodlet, J.A. 1953. *Shifting cultivation in Maracas Valley, Trinidad*. Special Subject. Oxford, UK: University of Oxford, Department of Forestry, Commonwealth Forestry Institute. 17 p.
1208. Goodman, D. 1975. The theory of diversity stability relationships in ecology. *Quarterly Review of Biology*. 50(3): 237-265.

1209. Goor, A.Y. 1955. Tree planting practices for arid zones. Forestry Development Pap. 6. Rome, Italy: Food and Agriculture Organization of the United Nations. 126 p.
1210. Goor, A.Y.; Barney, C.W. 1968. Forest tree planting in arid zones. New York, NY: Ronald Press. 409 p.
1211. Gopal, M. 1968. Testing and certification of Indian tree seeds Van Vigyan. Dehra Dun. 6(3/4): 62-77.
1212. Gordon, A.G.; Esteban, I.D.; Wakeman, D.C. 1972. Cane handling, seed quality, and seed testing of *Pinus merkusii*. Commonwealth Forestry Review. 51(1): 70-75.
1213. Gordon, W.A. 1961. Obstacles to tropical forestry land tenure. Unasylva. 15(1): 6-9.
1214. Gorrie, R.M. 1946. Desert fringe afforestation, areas with a rainfall of below 30 inches. Indian Forester. 72(1): 12-15.
1215. Gorse, J. 1962. Les plantations de dorcasson (*Anacardium occidentale*) au Sine-Saloum. Bois et Forêts des Tropiques. 86: 19-26.
1216. Gosden, P.N. 1956. Quantitative studies of soil erosion in Trinidad. Trinidad and Tobago: University of the West Indies. Tesis de estudiante. [Páginas desconocidas].
1217. Goswami, P.C. 1957. Afforestation technique for eroded areas in Damodar Catchment. Indian Forester. 83(11): 633-640.
1218. Gottneid, D.; Thogo, S. 1975. The growth of *Eucalyptus* at Maguga Arboretum. Forestry Tech. Note 33. Nairobi, Kenya: East African Agriculture and Forestry Research Organizations. 62 p.
1219. Goudet, J. 1961. Travaux réalisés en matière de conservation des sols et d'extension et restauration forestière dans la république du Tchad. Nogent-sur-Marne, France: Centre Technique Forestier Tropical. 14 p.
1220. Goudet, J.P. 1975. Plantations expérimentales d'espèces papetières en Côte d'Ivoire. Bois et Forêts des Tropiques. 159: 3-27.
1221. Goujon, P.; Lefebvre, A.; Leturcq, P. [y otros]. 1973. Etudes sur l'anacardier. Bois et Forêts des Tropiques. 151: 27-53.
1222. Gourou, P. 1956. The quality of land use of tropical cultivators. En: Thomas, W.L., editor. Man's role in changing the face of the Earth. Chicago, IL: University of Chicago Press: 336-349.
1223. Gove, P.B., editor. 1966. Webster's third international dictionary of the English language [no abreviado]. Springfield, MA: G. and C. Merriam Company. 2664 p.
1224. Graham, A., editor. 1973. Vegetation and vegetational history of northern Latin America. The Hague, Netherlands: Elsevier Scientific Publishing Company. 393 p.
1225. Graham, R.M. 1945. Notes on the growing of cypress timber on farms. East African Agricultural Journal. 10(3): 132-139.
1226. Grainger, A. 1986a. Deforestation and progress in afforestation in Africa. The International Tree Crops Journal. 4:33-48.
1227. Grainger, A. 1986b. The future role of the tropical rain forests in the world forest economy. Oxford, UK: Oxford Academic Publishers. 350 p.
1228. Grainger, A. 1988. Future supplies of high grade tropical hardwoods from intensive plantations. Journal of World Forest Resource Management. 3(1): 15-29.
1229. Grano, C.X. 1971. Growth of planted loblolly pine after row and selective thinning. Res. Note SO-123. New Orleans, LA: U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Southern Forest Experiment Station. 3 p.
1230. Gravsholt, S.; Jackson, J.K.; Ojo, G.O.A. 1967. Provisional table for growth and yield of neem (*Azadirachta indica*) in northern Nigeria. Res. Pap. 1. Zaria, Nigeria: Savanna Forestry Research Station. 34 p.
1231. Gray, E.C.G. 1960. The effect of man on the tidal forests of the Gulf of Papua. En: Proceedings, 1960 symposium on the impact of man on the humid tropics vegetation; 1960 September; Goroka, Papua New Guinea. Papua New Guinea: United Nations Educational, Scientific, and Cultural Organization: 350-354.
1232. Greathouse, T.E. 1973. Pilot plantations for quick-growing industrial tree species, Malaysia. Tree improvement in Malaysian conifer plantations. Rep. FO:SF/MAL 12, Tech. Rep. 8. Rome, Italy: Food and Agriculture Organization of the United Nations. 45 p.
1233. Greaves, A. 1980. Review of the *Pinus caribaea* Mor. and *Pinus oocarpa* Schiede international provenance trials. Oxford, UK: University of Oxford, Department of Forestry, Commonwealth Forestry Institute. 89 p.
1234. Greaves, A. 1981a. *Gmelina arborea*. Forestry Abstracts. 42(6): 237-258.
1235. Greaves, A. 1981b. Progress in the *Pinus caribaea* Morelet and *Pinus oocarpa* Schiede international provenance trials. Commonwealth Forestry Review. 60(1): 35-43.
1236. Greaves, A.; Dyson, W.G. 1977. Early growth of Jitotil provenances of *Pinus oocarpa* Schiede in east Africa. Forestry Tech. Note 38. Nairobi, Kenya: East African Agriculture and Forest Research Organizations. 10 p.
1237. Greaves, A.; McCort, P.S. 1990. *Cordia alliodora*, a promising tree for tropical forestry. Tropical Forestry Pap. 22. Oxford, UK: University of Oxford, Department of Plant Science, Oxford Forestry Institute. 37 p.
1238. Greaves, B.W. 1961. The growing of teak in Tanganyika. Special Subject. Oxford, UK: University of Oxford, Department of Forestry, Commonwealth Forestry Institute. 32 p.
1239. Greenland, D.J. 1974a. Evolution and development of different types of shifting cultivation. En: Shifting cultivation and soil conservation in Africa. Soils Bull. 24. Rome, Italy: Food and Agriculture Organization of the United Nations: 4-13.
1240. Greenland, D.J. 1974b. Intensification of agricultural systems with special reference to the role of potassium fertilizers. En: 10th colloquium, International Potash Institute; Budapest, Hungary. Abidjan, Ivory Coast, International Potash Institute. 311-323.

1241. Greenland, D.J. 1975. Bringing the green revolution to the shifting cultivator. *Science*. 190(4217): 841-844.
1242. Greenland, D.J.; Kowal, J.M.L. 1960. Nutrient content of the moist tropical forest in Ghana. *Plant and Soil*. 12(2): 154-174.
1243. Greenland, D.J.; Lal, R., editores. 1977. Soil conservation and management in the Tropics. New York, NY: John Wiley. 283 p.
1244. Gregersen, H.; Draper, S; Elz, D. 1989. People and trees: the role of social forestry in sustainable development. Washington, DC: World Bank, Economic Development Institute. 273 p.
1245. Gregor, E.W. 1973. Integración del pastoreo en la forestería tropical. *Mexico y sus Bosques*. 12(5): 27-33.
1246. Greig, P. 1979. Employment coefficients for forestry planning and management. *Australian Forestry*. 42(3): 181-189.
1247. Greig-Smith, P. 1952. Ecological observations on degraded and secondary forest in Trinidad, British West Indies. 1. General features of the vegetation. 2. Structure of the communities. *Journal of Ecology*. 40(2): 283-330.
1248. Grenning, V. 1957. Production of quality wood in coniferous plantations in Queensland. En: Proceedings, 7th British Commonwealth forestry conference; 1957 August 26-October 10; Australia and New Zealand. Canberra, Australia: Commonwealth Government Printer; 2: 111.
1249. Grey, D.C. 1980. On the concept of site in forestry. *South African Forestry Journal*. 113: 81-83.
1250. Griffin, A.R.; Cameron, J.N.; Hand, F.C. 1976. Production of radiata pine cuttings for seed orchard establishment. *Australian Forestry*. 39(2): 121-130.
1251. Griffith, A.L. 1941a. Investigations into artificial regeneration details of the dry fuel forests of Madras. *Indian Forest Records*. 4(4): 161-223.
1252. Griffith, A.L. 1941b. Notes on gap regeneration with the selection method of exploitation. En: Proceedings, 5th silvicultural conference. 1939. Dehra Dun, India: Dehra Dun, India: Forest Research Institute: 161.
1253. Griffith, A.L. 1941c. Regeneration of tropical evergreen forests. En: Proceedings, 5th silvicultural conference; 1939. Dehra Dun, India: Dehra Dun, India: Forest Research Institute: 134-138.
1254. Griffith, A.L. 1942. Teak plantation technique. *Silviculture*. *Indian Forest Records*. 5: 123-219.
1255. Griffith, A.L. 1946. The effects of burning on the soil as a preliminary to artificial regeneration. *Indian Forestry Bull.* 30. Dehra Dun, India: Forest Research Institute, Silviculture. 34 p.
1256. Griffith, A.L. 1947. India's tropical wet evergreen forests. En: Papers, 5th British Empire forestry conference; 1947 June 16-July 19; London, UK. London: His Majesty's Stationery Office. [Páginas desconocidas].
1257. Griffith, A.L. 1956. Value of *eucalypts*--east Africa. En: Final Rep., world eucalyptus conference; 1956; Rome, Italy: Rome, Italy: Food and Agriculture Organization of the United Nations. 71-75.
1258. Griffith, A.L. 1957. Planting exotic softwoods in an area with an unreliable climate. En: Proceedings, British Commonwealth forestry conference; 1957 August 26-October 10; Australia and New Zealand. Canberra, Australia: Commonwealth Government Printer. Vol. II: 35
1259. Griffith, A.L.; Howland, P. 1962. Short term planting out experiments. Tech. Note 14. Nairobi, Kenya: East African Agriculture and Forestry Research Organizations. 5 p.
1260. Griffith, A.L.; May, W.B.; Howland, P. 1962. Nursery experiments. Tech. Note 15. Nairobi, Kenya: East African Agriculture and Forestry Research Organizations. 8 p.
1261. Griffith, A.L.; Stuart, B.E. St. L. 1953. An east African forest bibliography. Nairobi, Kenya: East African Agriculture and Forestry Research Organizations. 118 p.
1262. Griffiths, J.F. 1966. Applied climatology. London, UK: University of Oxford Press. 118 p.
1263. Grijpma, P. 1967. *Anthocephalus cadamba*, a versatile, fast-growing industrial tree species for the Tropics. *Turrialba*. 17(3): 321-329.
1264. Grijpma, P. 1969. *Eucalyptus deglupta*. *Turrialba*. 9(2): 267-283.
1265. Grijpma, P. 1976. Resistance of Meliaceae against the shoot borer *Hypsipyla* with particular reference to *Toona ciliata* M. J. Roem., var *australis* (F. v Muell.) C. DC. En: Burley, J.; Styles, B.T., editores. Tropical trees: variation, breeding, and conservation. London, UK: Academe Press: 61-68.
1266. Grijpma, P.; Gara, R.I. 1973. Studies on the shoot borer *Hypsipyla grandella* (Zeller) I. host selection behavior. En: Studies on the shoot borer *Hypsipyla grandella* (Zeller) Lep. Pyralidae. Miscellaneous Publications. Turrialba, Costa Rica: Instituto Interamericano de Ciencias Agrícolas; 101: 26-33.
1267. Grijpma, P.; Ramalho, R. 1969. *Toona* spp. posibles alternativas para el problema del barrenador *Hypsipyla grandella* de las Meliaceae en América Latina. *Turrialba*. 19(4): 531-547.
1268. Grijpma, P.; Ramalho, R. 1973. *Toona* spp. posibles alternativas para el problema del barrenador *Hypsipyla grandella* de las Meliaceae en América Latina. En: Studies on the shoot borer, *Hypsipyla grandella* (Zeller) Lep. Pyralidae. Misc. Publications. Turrialba, Costa Rica: Instituto Interamericano de Ciencias Agrícolas; 101: 3-17.
1269. Grinnell, H.R. 1977. A study of agrisilvicultural potential in west Africa. Ottawa, Canada: International Development Research Centre. 59 p.
1270. Grivaz, G. 1967. El bosque y el auge de la economía forestal de la Guyana francesa. *Boletín del Instituto*

- Forestal Latino Americano de Investigación y Capacitación. 25: 3-31.
1271. Groenendijk, J.J. 1988. A few points on agroforestry. BOS (Bosbouw Ontwikkelings Samenwerking). 7(1): 11-21.
 1272. Groome, G.C.R., editor. 1986. With our own hands. Ottawa, Canada: International Development Research Centre. 306 p.
 1273. Groothusen, C.P.; Ferreira, O.W. 1989. Curvas de índice de sitio para *Pinus caribaea* Morelet en Honduras. El Tatascan. 6(1): 9-16.
 1274. Grosenbaugh, L.R. 1958. Point-sampling and line-sampling: probability theory, geometric implications, synthesis. Occasional Pap. 160. New Orleans, LA: U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Southern Experiment Station. 33 p.
 1275. Grosenbaugh, L. R. 1960. Quantification and estimation in future forest management. En: Society of American Foresters Proceedings, 1959: 117-121.
 1276. Groulez, J. 1961a. Centre de création de boisements de Pointe Noire: boisements d'eucalyptus. Nogent-sur-Marne, France: Centre Technique Forestière Tropical. 23 p.
 1277. Groulez, J. 1961b. Le centre de reboisement en limba du Mayumbe. Nogent-sur-Marne, France: Centre Technique Forestière Tropical. 26 p.
 1278. Groulez, J. 1966. Plantations de bambous dans la vallée du Niari. Bois et Forêts des Tropiques. 110: 13-31.
 1279. Groulez, J. 1975. Note sur les plantations de conversion dans les Forêts tropicales humides. Bois et Forêts des Tropiques. 162:3-24.
 1280. Groulez, J. 1976. Conversion planting in tropical moist forests. Rep. FO:FDT/76/7. Rome, Italy: Food and Agriculture Organization of the United Nations, Committee on Forest development in the Tropics. 22 p.
 1281. Grubb, P.J. 1974. Factors controlling the distribution of forest types on tropical mountains: new facts and new perspective. Altitudinal zonation in Malaysia. En: Misc. Series 16. Hull, UK: University of Hull, Department of Geography. 13-46
 1282. Grubb, P.J. 1977. Control of forest growth and distribution on wet tropical mountains. Annual Review of Ecology and Systematics. 8: 83-107.
 1283. Grubb, P.J.; Lloyd, J.R.; Pennington, T.D. [y otros]. 1963. A comparison of montane and lowland rain forest in Ecuador. Journal of Ecology. 51: 567-601.
 1284. Grut, M. 1968. Determining the most profitable thinning grades and rotations for *Pinus radiata*. En: Proceedings, FAO world symposium on man-made forests and their industrial importance; 1967 April 14-25; Canberra, Australia. Rome, Italy: Food and Agriculture Organization of the United Nations; 3: 1695-1711.
 1285. Grut, M. 1975. Long rotation forest products in southern Africa. South African Forestry Journal. 95: 11-20.
 1286. Gueneau, P. 1969. Caractéristiques et utilisations de *Eucalyptus robusta* a Madagascar. Bois et Forêts des Tropiques. 124: 53-65.
 1287. Gueneau, P. 1970. Caractéristiques et utilisations des pins a Madagascar. Bois et Forêts des Tropiques. 133: 39-51.
 1288. Guevara Sada, S.; Gomez-Pompa, A. 1971. Seeds from surface soils in a tropical region of Veracruz, Mexico. Journal of the Arnold Arboretum. 53(3): 312-335.
 1289. Guevara Sada, S.; Gomez-Pompa, A. 1976. Determinación del contenido de semillas en muestras de suelo superficial de una selva tropical de Veracruz, Mexico. En: Investigaciones sobre la regeneración de selvas altas en Veracruz, Mexico. Ciudad Mexico, Mexico: Compañía Editorial Continental, S.A.: 203-232.
 1290. Guimaraes, R.F. 1957. Ensaios de espacamentos em *Eucalyptus saligna*, para produção de lenha. Anuario Brasileiro de Economia Forestal. 9: 144-172.
 1291. Guimaraes, R.F. 1966. Epocas de plantio do *Pinus elliottii* Eng. Revista Forestal Argentina. 10(1): 12-14.
 1292. Guimaraes, R.F.; Krug, H.P.; Pinheiro, J.V. 1954. Tratamiento de sementeiros de eucalipto e seu efeito sobre o desenvolvimento das mudas. Anuario Brasileiro do Economia Forestal. 7: 280-287.
 1293. Guimaraes, R.F.; Moraes, L.A.; Ladislau, G. 1959. The effects of ploughing on the growth of eucalypts. Anuario Brasileiro de Economia Florestal. 11: 312-319.
 1294. Guiscafre, J. 1961. Restauration des sols en pays Kapsike: périmètre de Mogode. Nogent-sur-Marne, France: Centre Technique Forestier Tropical. 54 p.
 1295. Gupta, B.N.; Pattanath, P. G. 1975. Factors affecting germination behaviour of teak seeds of eighteen origins. Indian Forester. 101(10): 584-588.
 1296. Gupta, J.P.; Ullah, W.; Issac, V.C. 1975. A note on some soil moisture changes under permanent vegetative cover. Indian Forester. 101(9): 523-526.
 1297. Gurgel Filho, O.A. 1962. Plantio do eucalipto consociado com milho. Silvicultura em São Paulo. 1(1): 85-98.
 1298. Gurgel Filho, O.A. 1975. Especies indígenas. Silvicultura em São Paulo. 9: 47-52.
 1299. Gurumurti, K. 1981. Principles of optimizing energy fixation in forest crops. Indian Forester. 107(12): 830-837.
 1300. Gutierrez, C. 1970. An economic analysis of the production of planting stock and of planting *Pinus caribaea* in the savannas of Cachipo, State of Monagas. Boletín Forestal. Caracas, Venezuela: Ministerio de Agricultura y Cria, Dirección Recursos Naturales Renovables; 12: 29-53.
 1301. Gutierrez, M.; Ladrach, W.E. 1978. Iniciación de un programa de mejoramiento genético de *Cupressus lusitanica* y *Pinus patula* en Colombia. Boletín del Instituto Forestal Latino Americano de Investigación y Capacitación. 53: 3-19.
 1302. Gutierrez-Zamora, G.; Soto, B. 1976. Arboles usados como sombra en café y cacao. Revista Cafetalera. 159: 7-32.
 1303. Gutschick, V.P. 1978. Energy and nitrogen fixation. Bioscience. 28(9): 571-575.

1304. Hacskeylo, E.; Vozzo, J.A. 1967. Inoculation of *Pinus caribaea* with pure cultures of mycorrhizal fungi in Puerto Rico. En: Proceedings, 14th congress of the International Union of Forest Research Organizations. Munich, Federal Republic of Germany: Sekretariat für den IUFRO-Kongreß; 5(24): 139-148.
1305. Hadfield, W. 1958. The raising of bamboo from seed. Two and a Bud. 5(2): 9-10.
1306. Hadly, M.; Lanly, J.P. 1983. Tropical forest ecosystems: identifying differences, seeking similarities. Nature and Resources. 19(1): 2-19.
1307. Haffer, J. 1969. Speciation in Amazonian forest birds. Science. 165: 131-137.
1308. Haig, I.T.; Huberman, M.A.; Aung Din, U. 1958a. Tropical forest products studies 13. Rome, Italy: Food and Agriculture Organization of the United Nations. [Páginas desconocidas].
1309. Haig, I.T.; Huberman, M.A.; Aung Din, U. 1958b. Tropical silviculture. Rome, Italy: Food and Agriculture Organization of the United Nations. 516 p.
1310. Haines, W.B. 1934. The uses and control of natural undergrowth on rubber estates. Planting Manual 6. Kuala Lumpur, Malaya: Rubber Research Institute. 23 p.
1311. Haji Ghazali, B. bin; Baharuddin, J. bin. 1972. The emergence of enrichment planting in west Malaysian silviculture. Malayan Forester. 35(3): 209-218.
1312. Haley, C. 1954. Forestry in tropical rain forests of Australia. En: Proceedings, 4th world forestry congress; 1954 December 4-19; Dehra Dun, India. Dehra Dun, India: Government of India, Manager of Publications; 5: 219-234.
1313. Hall, C.A.S.; Moll, R. 1975. Methods of assessing aquatic primary productivity. En: Lieth, H.; Whittaker, R.H., editores. Primary productivity of the biosphere. New York, NY: Springer-Verlag: 20-53.
1314. Hall, J.B. 1977. Forest types in Nigeria: an analysis of pre-exploitation enumeration data. Journal of Ecology. 65(1): 187-199.
1315. Hall, J.B.; Okali, D.U.U. 1979. A structural and floristic analysis of woody fallow vegetation near Ibadan, Nigeria. Journal of Ecology. 67(1): 321-346.
1316. Hall, M.J. 1962. Initial spacing in *Pinus radiata* (D. Don) for pulpwood production at Longford, Victoria. APPITA (American Pulp and Paper Industry Technical Association). 18(3): 122-127.
1317. Hall, W.T. 1937. The shelterwood coppice system. Indian Forester. 63(8): 512-521.
1318. Halle, F.; Oldeman, R.A.A.; Tomlinson, P.B. 1978. Tropical trees and forests. New York, NY: Springer-Verlag. 441 p.
1319. Halliday, J. 1981. Agrotechnologies based on symbiotic systems that fix nitrogen. En: Background papers for innovative biological technologies for lesser developed countries. Washington, DC: U.S. Congress, Office of Technology Assessment Workshop: 243-273.
1320. Hamilton, G.J. 1969. The dependence of volume increment of individual trees on dominance, crown dimensions and competition. Forestry. 42(2): 133-144.
1321. Hamilton, L.S., editor. 1983. Optimum sampling of sample trees for volume equations. Res. Note 35. Queensland, Australia: Department of Forestry. 15 p.
1322. Hamilton, L.S.; King, P.L. 1984. Tropical forested watersheds: hydrologic and soils response to major uses or conversions. Boulder, CO: Westview Press. 170 p.
1323. Hamilton, L.S.; Snedaker, S.C., editores. 1985. Handbook for mangrove management. Morges, Switzerland: International Union for the Conservation of Nature and Natural Resources, Commission on Ecology. 123 p.
1324. Hamzah, Z.; Natawiria, D. 1974. Foxtailing in *Pinus merkusii*. Laporan 181. Indonesia: Lambaga Penelitian Hutan. 15 p.
1325. Hans, A.S. 1974. Artificial *Eucalyptus grandis* X *tereticornis* hybrids: survival, growth, and wood density studies. East African Agricultural and Forestry Journal. 39(3): 321-324.
1326. Hans, A.S.; Burley, J. 1972. Wood quality of *Eucalyptus grandis* (Hill) Maiden in a fertilizer trial at Siamambo, Zambia. East African Agricultural and Forestry Journal. 38(2): 157-161.
1327. Hanson, A.G. 1966. Effects of silvicultural practices on logging costs. Australian Forestry. 30(1): 38-42.
1328. Hanson, H.C. 1962. Dictionary of ecology. New York, NY: Philosophical Library. 382p.
1329. Harcharik, D. 1986. Better donor cooperation in prospect. ISTF News 7(1):1.
1330. Harcombe, P.A. 1977. The influence of fertilization on some aspects of succession in a humid tropical forest. Ecology. 58: 1375-1383.
1331. Hardie, A.D.K.; Ingram, C.L. 1971. Utilization potentials and problems for exotic conifers in Zambia with special reference to *Pinus kesiya* Royle ex. Gord. Forestry Res. Bull. 24. Lusaka, Zambia: Forestry Department. 20 p.
1332. Hardin, G. 1968. The tragedy of the commons. Science. 162: 1243-1248.
1333. Hardy, F. 1962a. Problemas de fertilización en el campo cerrado de la parte central oriental de Brazil. Turrialba. 12(3): 128-133.
1334. Hardy, F. 1962b. La sombra del cacao en relación con la intercepción de la lluvia. Turrialba. 12(2): 80-86.
1335. Harns, W.R.; Collins, A.B. 1965. Spacing and twelve year growth of slash pine. Journal of Forestry. 63(12): 909-912.
1336. Harper, J.L. 1977. Population biology of plants. London, UK: Academic Press. 892 p.
1337. Harris, D.R. 1971. The ecology of swidden cultivation in the upper Orinoco rain forest, Venezuela. Geographical Review. 61(4): 475-495.
1338. Harris, D.R. 1972. Swidden systems and settlement. En: Ucko, P.J.; Tringham, R.; Dimbleby, G.W., editores. Man, settlement and urbanism. London, UK: Duckworth: 245-262.

1339. Hart, G. 1922. The central forest research institute at Dehra Dun, India. *Empire Forestry Journal*. A: 247-252.
1340. Hart, H.M.J. 1928. Stamtal en dunning: een orienteerend onderzoek naar de beste plantwijdte en dunningswijze voor den djati. Dissertation LH-43. Wageningen, Netherlands: Landsbouwhogeschool. 219 p.
1341. Hart, P.B.S.; Widdowson, J.P.; Watts, H.M. [y otros]. 1980. Response of *Pinus caribaea* var. *hondurensis* seedlings to mycorrhizal inoculum, phosphorus and pH. *Australian Forest Research*. 10: 389-396.
1342. Hart, R.D. 1975a. A bean, corn and manioc polyculture cropping system. 1. The effect of interspecific competition on crop yield. *Turrialba*. 25(3): 294-301.
1343. Hart, R.D. 1975b. A bean, corn and manioc polyculture cropping system. 2. A comparison between the yield and economic return from monoculture and polyculture cropping systems. *Turrialba*. 25(4): 377-384.
1344. Hartshorn, G.S. 1972. The ecological life history and population dynamics of *Pentaclethra macroloba*, a tropical wet forest dominant and *Stryphnodendron exelsum*, an occasional associate. Seattle, WA: University of Washington. 119 p. Ph.D. tesis.
1345. Hartshorn, G.S. 1982. Take the profits and run. *Garden*. 6(1): 25-31.
1346. Hartshorn, G.S., Simeone, R.; Tosi, J.A., Jr. 1986. Manejo para rendimiento sostenido de bosques naturales. En: Figueroa, J.; Wadsworth, F.H.; Braham, S. editores. *Management of the forests of tropical America*. Rio Piedras, PR: U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Southern Forest Experiment Station, Institute of Tropical Forestry: 235-243.
1347. Hasan, S.M.; Skoupy, J.; Vaclav, E. 1976. Recent trends in bamboo growing and use in Bangladesh. *Silvaecultura Tropica et Subtropica*. 5: 59-70.
1348. Hase, Hannes; Foelster, Horst. 1983. Impact of plantation forestry with teak (*Tectona grandis*) on the nutrient status of young alluvial soils in west Venezuela. *Forest Ecology and Management*. 6(1): 33-57.
1349. Hastenrath, S. 1968. Recent climatic fluctuations in the Central American area and some geo-ecological effects. En: Troll, C., editor. *Geo-ecology of the mountainous regions of the tropical Americas*. Bonn, Federal Republic of Germany: Ferd Dummler, Verlag: 131-138.
1350. Hatch, A.B.; Mitchell, Y.J. 1972. The effect of forest operations on the availability of nutrients. En: *Proceedings, 1971 Australian forest tree nutrient conference; 1971 September 6-17; Canberra, Australia*. Canberra, Australia: Forestry and Timber Bureau: 275-300.
1351. Hatch, T. 1980. Hill padi on bench terraces. [Lugar de publicación desconocido]: [Editorial desconocida]. [Páginas desconocidas].
1352. Hauck, F.W. 1972. Soil fertility and shifting cultivation. FAO/DANIDA regional seminar on planning and organization of fertilizer use, Nairobi, Kenya. *Soils Bull*. 24. Rome, Italy: Food and Agriculture Organization of the United Nations. 123 p.
1353. Havel, J.J. 1965. Plantation establishment of klinki pine (*Araucaria hunsteinii*) in New Guinea. *Commonwealth Forestry Review*. 44(3): 172-187.
1354. Havel, J.J. 1980. Application of fundamental synecological knowledge to practical problems in forest management. 1. Theory and methods. *Forest Ecology and Management*. 3(1): 1-29.
1355. Hawa, K.S.; Opler, P.A. 1975. Dioecism in tropical forest trees. *Evolution*. 29(1): 167-179.
1356. Hawkins, P.J.; Muir, J.D. 1968. Aspects of management of plantations in tropical and subtropical Queensland. En: *Papers, 9th British Commonwealth forestry conference; 1968 January 3-27; New Delhi, India*. [Lugar de publicación/editorial desconocidos]. 34 p.
1357. Hay, J.R. 1956. Translocation of herbicides in marabu [*Dichrostachys nutans*]. 1. Translocation of 2, 4, 5-trichlorophenoxyacetic acid following application to the bark or cut-surfaces of stumps. *Weeds*. 4(3): 218-226, 349-356.
1358. Heather, W.A. 1955. The kamarere forests of New Britain. *Empire Forestry Review*. 34(3): 255-278.
1359. Hecht, S. 1983. Cattle ranching in the eastern Amazon: environment and social implications. En: Moran, E. F., editor. *The dilemma of Amazonian development*. Boulder, CO: Westview Press: 155-188.
1360. Hedegart, T.; Wangara, B.; Yingvanasiri, T. 1974. Budded/potted teak stock. *Vanasarn*. 32(4): 337-341.
1361. Heinsdijk, D. 1957. Report to the government of Brazil on a forest inventory in the Amazon Valley. [Part 1. Region between Rio Tapajos and Rio Xingu.] Rep. 601. Rome, Italy: Food and Agriculture Organization of the United Nations. 135 p.
1362. Heinsdijk, D. 1958a. Report to the government of Brazil on a forest inventory in the Amazon Valley. [Part 2. Region between Rio Xingu and Rio Tocantins.] Rep. 949. Rome, Italy: Food and Agriculture Organization of the United Nations. 94 p.
1363. Heinsdijk, D. 1958b. Report to the government of Brazil on a forest inventory in the Amazon Valley. [Part 3. Region between Rio Tapajos and Rio Madeira.] Rep. 969. Rome, Italy: Food and Agriculture Organization of the United Nations. 83 p.
1364. Heinsdijk, D. 1958c. Report to the government of Brazil on a forest inventory in the Amazon Valley. [Part 4. Region between Rio Tocantins and Rios Guama and Capim.] Rep. 992. Rome, Italy: Food and Agriculture Organization of the United Nations. 72 p.
1365. Heinsdijk, D. 1960. Interim report to the government of Brazil on the dry land forests on the tertiary and quaternary south of the Amazon River. Rep. 1284. Rome, Italy: Food and Agriculture Organization of the United Nations. 28 p.
1366. Heinsdijk, D. 1970. Forestry in southern Brazil. Wageningen, Netherlands: Ministry of Foreign Affairs, Directorate International for Technical Assistance. 72 p.

1367. Heinsdijk, D. 1972. Forestry in southern Brazil. Rio de Janeiro, Brazil: Instituto Brasileiro de Desenvolvimento Florestal. 72 p.
1368. Heinsdijk, D. 1975. Forest assessment. Wageningen, Netherlands: Centre for Agricultural Publishing and Documentation. 349 p.
1369. Heinsdijk, D.; Glerum, B.B. 1967. Inventories and commercial possibilities of Brazilian forests. Turrialba. 17(3): 337-347.
1370. Heinsdijk, D.; Onety Soares, R. 1962. Conifer plantations in Brazil. Preliminary study of volume and yield of *A. angustifolia*, *Cryptomeria japonica*, *C. lanceolata*, and *P. elliptii*. Boletín 5. Rio de Janeiro, Brasil: Ministerio do Agricultura, Servicio Florestal. 75 p.
1371. Heinsdijk, D.; Onety Soares, R.; Andel, S. [y otros]. 1965. Plantações de eucaliptos no Brasil. Boletim 10. Rio de Janeiro, Brazil: Ministerio do Agricultura, Departamento do Recursos Naturais Renovaveis, Divisão do Silvicultura, Secção de Pesquisas Florestais. 69 p.
1372. Heinsdijk, D.; Onety Soares, R.O.; Miranda Bastos, A. 1962. Plantações de coníferas no Brasil. Boletín 5. Rio de Janeiro, Brazil: Ministerio do Agricultura, Departamento do Recursos Naturais Renovaveis, Divisão do Silvicultura, Secção de Pesquisas Florestais. 59 p.
1373. Heiseke, D.R. 1977. Studies on the forest ecology of cerrado forests in Brazil. Forstarchiv. 48(1): 4-18.
1374. Hellinga, G. 1939. Natural thinning in unthinned teak plantations. Tectona. 32(4/5): 290-308.
1375. Hellinga, G. 1950. Houtsoorten voor aanplant op bedrigsgrootte. Tectona. 40(2/4): 179-229.
1376. Hellinga, G. 1952. Bosboruv en voedselproductie. Rimba Indonesia. 1(1): 3-26.
1377. Hellmers, H.; Benner, J. 1960. Photosynthesis limits of forest tree yields. En: Proceedings, Society of American Foresters annual meeting; 1959 November 13-16; Washington, DC. Washington, DC: Society of American Foresters: 32-35.
1378. Helms, J.A. 1976. Factors influencing net photosynthesis in trees: an ecological viewpoint. En: Cannell, M.G.R.; Last, F.T., editores. Tree physiology and yield improvement. New York, NY: Academic Press: 55-78.
1379. Henderson, G.S.; Stone, E.L., Jr. 1970. Interactions of phosphorus availability, mycorrhizae, and soil fumigation on coniferous seedlings. En: Proceedings, Soil Science Society of America; 34(2): 314-318.
1380. Henry, J. 1952. Les bases théoriques des essais de paysannat indigène, entrepris por l'ineac au Congo Belge. Bulletin Agricole du Congo Belge. 43: 159-192.
1381. Henry, N.B. 1960. The effect of silvicultural treatment on the production from native forests. Australian Forestry. 24(1): 30-45.
1382. Henry, P.W.T. 1956. Development of the regeneration obtained by the tropical shelterwood system when applied as a pre-exploitation treatment only. Information Bull. 40. Lagos, Nigeria: Forest Department. 3 p.
1383. Henry, P.W.T. 1957. Operation X. The removal of the shelterwood. Information Bull. 46. Lagos, Nigeria: Forest Department. 8 p.
1384. Henry, Y. 1931. Terres rouges et terres noires basaltiques d'Indochine. Hanoi, Vietnam: [Editorial desconocida]. [Páginas desconocidas].
1385. Hepburn, A.J. 1973. Silviculture and management of the productive forest estate in Sabah with reference to the new manual of silviculture. En: Laporan 1971 Penyelidek Hutan, Negeri Sabah [1971 annual report]. Sabah, Malaysia: Forest Department: 89-104.
1386. Herengreen, G.W. 1974. Middle Cretaceous palynomorphs from north-eastern Brazil. Science Geology Bulletin. 27(1/2): 97-112.
1387. Herrera, R.; Jordan, C.F.; Klinge, H. [y otros]. 1978. Amazon ecosystems: their structure and functioning with particular emphasis on nutrients. Interciencia. 3(4): 223-232.
1388. Herrera Autter, S. 1968. Protección forestal continental suramericana. En: Proceedings, 6th world forestry congress; 1966 June 6-18; Madrid, Spain. Madrid, Spain: Comercial y Artes Gráficas; 2: 1995-1997.
1389. Herrero, J.A.; Kalutskii, K.; Melchanov, V. [y otros]. 1975. Influencia de la tala de bosques en la erosión y el escurrimiento artificial. [Effect of felling on erosion and surface run-off]. Baracoa. 5(3/4): 30-34.
1390. Herzog, W. 1957. O eucalipto-evolução de sua exploração. Arquivo Servicio Florestal Brasil. 11: 87-131.
1391. Heuvelop, J. 1981. Ecological fundamentals of agroforestry systems in the humid Tropics. Plant Research and Development 14: 30-36.
1392. Heuvelop, J.; Lagemann, J. 1984. Proceedings of a 1981 seminar (CATIE). Tech. Bull. 14. Turrialba, Costa Rica: Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza, Agroforestaria Technical Series. 112 p.
1393. Heybroek, H.M. 1978. Primary consideration: multiplication and genetic diversity. Unasylva. 30(119/120): 27-33.
1394. Higbee, E.C. 1951. On man and the Amazon. Geographical Review. 41: 401-420.
1395. Hiley, W.E. 1948. Craib's thinning prescriptions for conifers in South Africa. Quarterly Journal of Forestry. 42(1): 5-19.
1396. Hiley, W.E. 1958. Economics in forest management. Quarterly Journal of Forestry. 52(1): 25-31.
1397. Hiley, W.E. 1959. Conifers: South African methods of cultivation. London, UK: Faber and Faber. 123 p.
1398. Hilje, L.; Araya, C.; Scorza, F. y otros. 1991. Plagas y enfermedades forestales en américa central. Manual de consulta y guía de campo. Manual técnico/CATIE 3 and 4. Turrialba, Costa Rica: CATIE Serie técnico. 2 vol. 443 p.
1399. Hill, G.D. 1970. Studies on the growth of *Leucaena leucocephala*. 1. Effect of clean weeding and nitrogen

- fertilizer on early establishment. Papua New Guinea Agricultural Journal. 22(1): 29-30.
1400. Hilton, R.G.B.; Johns, R.J. 1984. The future of forestry in Papua and New Guinea. Commonwealth Forestry Review. 63(2): 103-106.
 1401. Hilty, S.L. 1980. Flowering and fruiting periodicity in a premontane rain forest in Pacific Colombia. Biotropica. 12(4): 292-306.
 1402. Hinds, H.V. 1952. The possibilities of increasing productivity in exotic forest by species selection. New Zealand Journal of Forestry. 6(4): 340-341.
 1403. Hinds, H.V.; Larsen, E. 1961. Collecting tree seed in Mexico. Empire Forestry Review. 40(1): 43-53.
 1404. Hinds, T.W. 1979. The cesspool hypothesis versus natural areas for research in the United States. Environmental Conservation. 6(1): 13-20.
 1405. Hockmut, R.; Manso, D.M. 1975. Protección contra las plagas forestales en la Habana, Cuba. La Habana, Cuba: Instituto Cubano del Libro. 290 p.
 1406. Hodges, C.S.; May, L.C. 1972. A root disease of pine, *Araucaria* and *Eucalyptus* in Brazil caused by a new species of *Cylindrocladium*. Phytopathology. 62(8): 697-715.
 1407. Hodges, C.S.; Reis, R.S. 1974. Identificação do fungo causador do cancro de *Eucalyptus* spp. no Brasil. Brasil Florestal. 5(19): 14.
 1408. Hodges, C.S.; Reis, R.S. 1976a. A canker disease of *Eucalyptus* in Brazil caused by *Diaporthe cubensis* Bruner. Field Doc. 14. Brasília, Brazil: Food and Agriculture Organization of the United Nations. 6 p.
 1409. Hodges, C.S.; Reis, R.S. 1976b. Canker disease of *Eucalyptus* spp. caused by *Diaporthe cubensis*. Fitopatologia Brasileira. 1(3): 129-169.
 1410. Hodges, C.S.; Reis, R.S. 1976c. The influence of basal cankers on sprouting of *Eucalyptus*. Field Doc. 17. Brasília, Brazil: Food and Agriculture Organization of the United Nations. 4 p.
 1411. Hodges, C.S.; Reis, R.S.; Ferreira, F.A. 1976. A new needle disease of pine in Brazil caused by *Cylindrocladium pteridis*. Field Doc. 18. Brasília, Brazil: Food and Agriculture Organization of the United Nations. 4 p.
 1412. Hodges, C.S.; Reis, R.S.; May, L.C. 1976. Two diseases in plantations of exotic forest tree species in Brazil. Field Doc. 15. Brasília, Brazil: Food and Agriculture Organization of the United Nations. 8 p.
 1413. Hodgson, D.H. 1932. The elements of Malayan silviculture. Malayan Forester. 1: 85-95.
 1414. Hoekstra, P.E. 1957. Air-layering of slash pine. Forest Science. 3(4): 344-349.
 1415. Hofstad, O. 1978. Preliminary evaluation of the taungya system for combined wood and food production in northeastern Tanzania. Forestry Record 2. Dar es Salaam, Tanzania: University of Dar es Salaam, Faculty of Agriculture, Forestry and Veterinary Science. 14 p.
 1416. Holdridge, L.R. 1938. Some notes on mangrove swamps of Puerto Rico. Rio Piedras, PR: U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Caribbean National Forest. 10 p.
 1417. Holdridge, L.R. 1940a. *Calophyllum antillanum*, a desirable tree for difficult planting sites. Caribbean Forester. 1(2): 27-28.
 1418. Holdridge, L.R. 1940b. The possibility of close cooperation for mutual benefit between agriculture and forestry in the American Tropics. Caribbean Forester. 1(3): 25-29.
 1419. Holdridge, L.R. 1942a. Comments on the silviculture of *Cedrela*. Caribbean Forester. 4(2): 77-80.
 1420. Holdridge, L.R. 1942b. The pine forests of Haiti. Caribbean Forester. 4(1): 16-22.
 1421. Holdridge, L.R. 1947. Determination of world plant formations from simple climatic data. Science. 105(2727): 367-368.
 1422. Holdridge, L.R. 1953. El ciprés mexicano en Costa Rica. Boletín Técnico: Ministerio de Agricultura e Industria. 12: 5-31.
 1423. Holdridge, L.R. 1957. The silviculture of natural mixed tropical hardwood stands in Costa Rica. Forestry and Forest Products Studies 13. Rome, Italy: Food and Agriculture Organization of the United Nations; 2: 57-66.
 1424. Holdridge, L.R. 1958. Pine and other conifers. En: Proceedings, 4th world forestry congress; 1954 December 4-19; Dehra Dun, India. Dehra Dun, India: Government of India, Manager of Publications; 3: 438-444.
 1425. Holdridge, L.R. 1959. Ecological implications of the need for a new approach to tropical land use. Economic Botany. 13: 271-280.
 1426. Holdridge, L.R. 1962. The determination of atmospheric water movements. Ecology. 43(1): 1-9.
 1427. Holdridge, L.R. 1967. Life zone ecology. San Jose, Costa Rica: Tropical Science Center. 206 p.
 1428. Holdridge, L.R. 1972. Ecological differences between the tropical and subtropical regions. En: Memorias del simposio del 1er congreso latinoamericano y V de Mexico de botánica; 1972 December 3-9; Ciudad Mexico, Mexico. Ciudad Mexico, Mexico: Sociedad Botánica de Mexico: 431-436.
 1429. Holdridge, L.R. 1976. Ecological and genetical factors affecting exploration and conservation in Central America. En: Burley, J.; Styles, B.T., editores. Tropical trees: variation, breeding, and conservation. Symposium Series 2. London, UK: Linnean Society: 199-202.
 1430. Holdridge, L.R. 1978. Ecología basada en zonas de vida. San Jose, Costa Rica: Instituto Interamericano de Ciencias Agrícolas. 216 p.
 1431. Holling, C.S. 1973. Resilience and stability of ecological systems. Annual Review of Ecology and Systematics. 4: 1-23.

1432. Holmes, C.H. 1941. Weeding in the up-country timber and fuel plantations. *Tropical Agriculturist*. 96(5): 274-294.
1433. Holmes, C.H. 1945. The natural regeneration of Ceylon forests. *Tropical Agriculturist*. 101(2): 84-90; 101(3): 136-147; 101(4): 203-205.
1434. Holmes, C.H. 1951. *Casuarina* plantations in Ceylon. En: Proceedings, 7th silvicultural conference; 1946, Dehra Dun, India: Dehra Dun, India: Government of India, Manager of Publications: 563-571.
1435. Holmes, C.H. 1954. Seed germination and seedling studies of timber trees of Ceylon. *Ceylon Forester*. 1(3): 3-51.
1436. Holmes, C.H. 1956. The natural regeneration of the wet and dry evergreen forests of Ceylon. *Ceylon Forester*. 2(4): 151-164.
1437. Holsten, E.H.; Gara, R.I. 1974. Studies on attractants of the mahogany shoot borer, *Hypsipylla grandella* Zeller (Lepidoptera: Phycitidae) in Costa Rica. *Zeitschrift für Angewandte Entomologie*. 26(1): 77-86.
1438. Holzman, B. 1941. The hydrologic cycle. En: Soils and men. Yearbook of Agriculture. Washington, DC: U.S. Department of Agriculture: 532-536.
1439. Hombert, J. 1958. Etude de accroissement d'essences forestières en milieu naturel au Mayumbe. *Bulletin Agricole du Congo Belge*. 49(4): 1017-1029.
1440. Hong, L.T.; Ivory, M.H. 1974. Effect of mercuric chloride sterilization and subsequent storage on *Pinus caribaea* seed germination. *Malaysian Forester*. 37(2): 133-137.
1441. Hoover, M.D. 1962. Water action and water movement in the forest. En: Forest influences. Forestry and Forest Products Studies 15. Rome, Italy: Food and Agriculture Organization of the United Nations: 31-80.
1442. Hoover, M.D. 1971. The size and surroundings of nature reserves. En: Duffey, E.; Watt, A.S., editores. The scientific management of animal and plant communities for conservation. Oxford, UK: Blackwell: 555-561.
1443. Hopkins, B. 1965. Vegetation of the Olokeniji Forest Reserve, Nigeria. 3. The microclimate, with special reference to their seasonal changes. *Journal of Ecology*. 53(1): 125-138.
1444. Horn, E.F. 1946. Growing balsa in western Ecuador. *Caribbean Forester*. 7(4): 285-295.
1445. Horn, H.S. 1971. The adaptive geometry of trees. Princeton, NJ: Princeton University Press. 144 p.
1446. Horne, J.E.M. 1966. Teak in Nigeria. *Nigerian Forestry Information Bulletin*. 16: 1-38.
1447. Horne, J.E.M.; Wholey, J.W. 1955. *Cedrela mexicana*: 1929 taungya plantations, Sapota. *Information Bull*. 24. Lagos, Nigeria: Forest Department. 4 p.
1448. Horne, R.; Gwalter, J. 1982. The recovery of rainforest overstory following logging. *Australian Forest Research*. 13: 29-44.
1449. Horsten, F.; Navia, R.; Awan, A.B. 1973. Fertilización de masas semilleras de pinos en Cuba. *Baracoa*. 3(1/2): 51-58.
1450. Horwood, M.T. 1964. Firewood or timber. En: Proceedings, 1st Nigerian forestry conference; 1964 February; Kaduna, Nigeria. Ibadan, Nigeria: Federal Department of Forest Research. 69-70.
1451. Hoskins, M.W. 1984. Myths of social forestry BOS (Bosbouw Ontwikkelings Samenwerking). 3(3): 4-13.
1452. Hosokawa, R.T.; Moreira, R.M.; Braga, K. [y otros]. 1979. Avaliação dos volúmens industrializáveis em povamentos de *Pinus elliottii* e *P. taeda*. *Floresta*. 10(1): 10-20.
1453. Howcraft, N.H.S. 1973. Direct sowing (nursery) technique for *Pinus*. *Tropical Forestry Res. Note SR-4*. Papua New Guinea: Forest Department. 9 p.
1454. Howcraft, N.H.S.; Davidson, J. 1973a. The international provenance trial of *Pinus merkusii* in Papua New Guinea. *Tropical Forestry Res. Note SR-15*. Papua New Guinea: Forest Department. 27 p.
1455. Howcraft, N.H.S.; Davidson, J. 1973b. A provenance trial of *Pinus kesiya* in Papua New Guinea. *Tropical Forestry Res. Note SR-16*. Papua New Guinea: Forest Department. 16 p.
1456. Howcraft, N.H.S.; Davidson, J. 1974. Papua New Guinea tree introduction and improvement progress report 1972-1974. *Tropical Forestry Res. Note SR-26*. Papua New Guinea: Forest Department. 9 p.
1457. Howlader, N.I. 1971. Coastal afforestation in Noakhali District. *Pakistan Journal of Forestry*. 21(2): 179-182.
1458. Howland, P. 1969. Effects of singling coppice in *Eucalyptus saligna* wood fuel crops at Maguga, Kenya. *East African Agricultural and Forestry Journal*. 35(1): 66-67.
1459. Howland, P.; Freeman, G.H. 1970. Interim results of a fuel yield trial on eucalypts. *East African Agricultural and Forestry Journal*. 35(3): 257-264.
1460. Howland, P.; Griffith, A.L. 1961. The root development of transplants after planting in the field. *Empire Forestry Review*. 40(1): 66-70.
1461. Howland, P.; Griffith, A.L. 1962. Maguga arboretum. *Forestry Tech. Note 8*. Nairobi, Kenya: East African Agriculture and Forestry Research Organization. 114 p.
1462. Howland, P.; Hosegood, P.H. 1965. Observations on new techniques for the direct sowing of exotic softwoods in East Africa. *Commonwealth Forestry Review*. 44(3): 222-231.
1463. Hozumi, K.; Yoda, K.; Kira, T. 1969. Production ecology of tropical rain forests in southwestern Cambodia. 1. Plant biomass. *Nature and Life in Southeast Asia*. 6: 1-51.
1464. Huang, S.K. 1967. Study on the propagation by cuttings of Chinese mahogany (*Cedrela sinenata* Juse). *Bull*. 150. Taipei, Taiwan: Forest Department, Forestry Research Institute. 16 p.
1465. Huberman, M.A. 1959. Mangrove silviculture. *Unasylva*. 13(4): 188-195.
1466. Hudson, J.; Kellman, M.; Sanmugadas, K. [y otros]. 1983. Prescribed burning of *Pinus oocarpa* in Honduras. 1.

- Effect on surface runoff and sediment loss. *Forest Ecology and Management*. 5: 269-281.
1467. Hueck, K. 1957. Las regiones forestales de Sur América. *Boletín del Instituto Forestal Latino-Americano de Investigación y Capacitación*. 2: 1-40.
 1468. Hueck, K. 1959. Bosques secos de la zona tropical y subtropical de la América del Sur. *Boletín del Instituto Forestal Latino-Americano de Investigación y Capacitación*. 4: 1-49.
 1469. Hueck, K. 1972. As florestas da America do Sul. Tradução de H. Reichardt. São Paulo, Brazil: Editora Poligono, S.A. 466 p.
 1470. Hueck, K.; Seibert, P. 1988. Mapa de la vegetación de América del Sur. Eschborn, Federal Republic of Germany. 1 p.
 1471. Hughes, C.E.; Styles, B.T. 1984. Exploration and seed collection of multiple purpose dry zones trees in Central America. *International Tree Crops Journal*. 3(1): 1-31.
 1472. Hughes, C.E.; Styles, B.T. 1987. The benefits and potential risks of woody legume introductions. *The International Tree Crop Journal* 4: 209-248.
 1473. Hughes, J.F. 1961. Diagnostic sampling techniques in tropical high forest. *Empire Forestry Review*. 40(4): 350-361.
 1474. Hughes, J.F. 1968a. Utilization of the wood of low altitude tropical pines. En: *World symposium on man-made forests and their industrial importance*; 1967 April 14-25; Canberra, Australia. Rome, Italy: Food and Agriculture Organization of the United Nations: 846-864.
 1475. Hughes, J.F. 1968b. Wood quality in fast growing tropical species. En: *Papers, 9th British Commonwealth forestry conference*; 1968 January 3-27; New Delhi, India. [Lugar de publicación/editorial desconocidos], 11 p.
 1476. Hughes, J.F. 1973. The wood structure of *Pinus caribaea* Morelet in relation to use characteristics, growth conditions, and tree improvement. En: *Burley, J.; Nikles, D.G., editores. Selection and breeding to improve some tropical conifers*. Oxford, UK: Commonwealth Forestry Institute. Queensland, Australia: Department of Forestry: 13-22.
 1477. Hughes, J.F.; Brown, J.R.L. 1962. The planning and organization of current silvicultural treatments in the central forest reserves of South Mengo District, Buganda Province, Uganda. Entebbe, Uganda: Government Printer. 12 p.
 1478. Huguet, L. 1973. Simbósis de la agricultura y la silvicultura. *Unasylva*. 30(122): 27-31.
 1479. Huguet, L.; Marie, E. 1951. Les plantations d'acajou d'Amérique des antilles françaises. *Bois et Forêt des Tropiques*. 17: 12-25.
 1480. Hummel, F.C. 1953a. Classification of tree classes and thinnings. London, UK: Forestry Commission, Research Branch. 12: 5.
 1481. Hummel, F.C. 1953b. The definition of thinning treatments. En: *Proceedings, 11th Congress of the International Union of Forest Research Organizations*; 1953 September 22-26. Rome, Italy: Zurich, Switzerland, IUFRO 582-586.
 1482. Hundley, H.G. 1962. Silviculture: Burma. Paper, UNCSAT conference: E/CONF.39./C/500. Geneva, Switzerland: United Nations. 13 p.
 1483. Hung, L.P. 1969. Outlook on the plantation of *Taiwania cryptomerioides* in Taiwan. *Quarterly Journal of Chinese Forestry*. 2(3): 86-91.
 1484. Hung, L.P. 1972. Study on the methods of improvement of natural broadleaved forest in Taiwan. 1. Growth of the improved hardwood stands. *Bull.* 218. Taipei: Taiwan: Forestry Department, Forestry Research Institute. 37 p.
 1485. Hunter, B.B., Adams, R.E.; Barnett, H.L. 1977. Diseases of nursery seedlings associated with *Cylindrocladium* and *Fusarium* at the Parsons State Nursery in West Virginia. *Proceedings of the American Phytopathological Society*. 4: 216
 1486. Huq, M.Z. 1945. Technique of sal taungya in the Gorakhpur Forest Division, United Provinces. *Indian Forester*. 71(5): 150-153.
 1487. Hurlbert, S.H. 1971. The nonconcept of species diversity: a critique and alternative parameter. *Ecology*. 52: 577-586.
 1488. Hursh, C.R. 1960. The dry woodlands of Nyasaland. Part 1. General forestry problems. Part 2. Silviculture, management and research. Salisbury, Southern Rhodesia: International Cooperation Administration. 47 p.
 1489. Hussain, A.M.M. 1966. Preliminary observations on airlayering in *Eucalyptus*. (Mysore hybrid). *Indian Forester*. 92(8): 544-547.
 1490. Hussain, A.M.M.; Somasundaram, T.R.; Sulremanian, K.N. 1976. A recent advance in teak culture. *Indian Forester*. 102(8): 531-532.
 1491. Hussain, S. 1957. A note on the vegetative multiplication of *Casuarina cunninghamii*. *Indian Forester*. 83(2): 226-227.
 1492. Huston, M. 1980. Soil nutrients and tree species richness in Costa Rican forests. *Journal of Biogeography*. 7: 147-157.
 1493. Hutchinson, I.D. 1980. Processes of optimizing and diversifying uses of resources: approach adopted to define interim guidelines for silviculture and management of mixed dipterocarp forest in Sarawak. En: *Papers, International forestry seminar*; 1980 November; Kuala Lumpur, Malaysia. Kuala Lumpur, Malaysia: University of Malaysia. 27 p.
 1494. Hutchinson, I.D. 1988. Points of departure for silviculture in humid tropical forests. *Commonwealth Forest Review*. 67(3): 223-230.
 1495. Hutchinson, I.D. 1991. Diagnostic Sampling to orient silviculture and management in natural tropical forest. *Commonwealth Forestry Review*. 70(3): 113-132.

1496. Hutchinson, I.D. 1993a. Liberation evidence improving. ISTF (International Society of Tropical Foresters) News. 14(2): 4.
1497. Hutchinson, I.D. 1993b. Puntos de partida y muestreo diagnóstico para la silvicultura de bosques naturales del trópico húmedo. Colección Silvicultura de Bosques Naturales 7. Turrialba, Costa Rica: Centro Agronómico de Investigación y Enseñanza. 32 p.
1498. Hutton, E.M.; Bonner, I.A. 1960. Dry matter and protein yields in four strains of *Leucaena glauca* Benth. Journal of the Australian Institute of Agricultural Sciences. 26(3): 276-277.
1499. Huxley, P.A. 1979. The need for agroforestry and special considerations regarding field research. Nairobi, Kenya: International Council for Research in Agroforestry. 27 p.
1500. Huyay, H. de. 1948. La caoba en Bolivia (*Swietenia macrophylla* King). Boletín Forestal. 1: 5-12.
1501. Ibarra, E.A.; Jorge, P. M.; Lemieux, G. [y otros]. 1970. Inventario de recursos. Carton de Turrialba. Publicación Miscelánea 62. Turrialba, Costa Rica: Organización de Estados Americanos Instituto Interamericano de Ciencias Agrícolas. 115 p.
1502. Ibrahim, Z.B.; Hock, O.T. 1982. Vegetative propagation of yemane (*Gmelina arborea*) by stem cuttings. Malaysian Forester. 45(2): 282-284.
1503. Igbozurique, M.V. 1971. Ecological balance in tropical agriculture. Geographical Review. 61(4): 519-529.
1504. Ikemori, Y.K. 1975. Resultados preliminares sobre enraizamiento de estacas de *Eucalyptus* spp. Informativo Técnico 1. Aracruz, Brazil: Centro de Pesquisas Florestais da Aracruz. 12 p.
1505. Ikemori, Y.K. 1976. Resultados preliminares sobre enraizamiento de estacas de *Eucalyptus* spp. Informativo Técnico 2. Aracruz, Brazil: Centro de Pesquisas Florestais da Aracruz. 8 p.
1506. Imam, S.A. 1969. Silviculture and silvics of teak. (*Tectona grandis*). Forest-Dale News. 1(4): 49-61.
1507. Irmay, H. de. 1949. La palmera "ousi" y el aceite de "babassu". Un gran recurso forestal de Bolivia, *Orbignya phalorata*. Boletín Forestal. 2: 16.
1508. Ironside, G.E. 1949. Curculionid and Scolytid fruit-borers in relationship to the developing of almost pure dipterocarp stands in Malaya. Special Subject. Oxford, UK: University of Oxford, Department of Forestry, Commonwealth Forestry Institute. 21 p.
1509. Ironside, G.E. 1954. Spaced group planting. Malayan Forester. 17: 203-206.
1510. Ishaq, S.M. 1959. A study of the fuelwood problem in Pakistan. Peshawar, Pakistan: Forest Research Institute. 86 p.
1511. Islip, H.T.; Matthews, W.S.A. 1950. Slash pine oleo-resin from British Honduras. Colonial Plant and Animal Products. 1(3): 217-222.
1512. Ivens, G.W. 1958a. The effects of arboricides on east African trees and shrubs. 1. Acacia species. Tropical Agriculture. 35(4): 257-271.
1513. Ivens, G.W. 1958b. The effects of arboricides on east African trees and shrubs. 2. Species of *Brachystegia-Pseudoberlinia* woodland. Tropical Agriculture. 36(1): 59-64.
1514. Iyamabo, D.E. 1968. Practice and research in tropical nursery techniques. En: Proceedings, FAO world symposium on man-made forests and their industrial importance; 1967 April 14-25; Canberra, Australia. Rome, Italy: Food and Agriculture Organization of the United Nations: 252-264.
1515. Iyamabo, D.E. 1970. Effects of *Pinus caribaea* on basaltic soil in Miango, Jos Plateau. En: Onoche, O.F.A.; Adeyoku, S.K. editores. Development of forest resources in the economic advancement of Nigeria. Lagos, Nigeria: University of Ibadan, Forestry Association of Nigeria: 339-347.
1516. Iyamabo, D.E.; Ojo, G.O.A. 1972. Plantation establishment techniques in the savanna areas of Nigeria. Res. Pap. 10. Lagos, Nigeria: Federal Department of Forest Research. 8 p.
1517. Iyppu, A.I. 1957. Afforestation with cashews (*Anacardium occidentale*). Indian Forester. 83(9): 546-548.
1518. Iyppu, A.I. 1960. The silviculture and management of evergreen forests of Kerala State. Indian Forester. 86(9): 509-519.
1519. Jacks, G.V. 1963. The biological nature of soil productivity. Soils and Fertilizers. 26: 147-150.
1520. Jackson, D.S.; Gifford, H.H. 1974. Environmental variables influencing the increment of radiata pine (1) periodic volume increment. New Zealand Journal of Forestry Science. 4(1): 3-26.
1521. Jackson, J.K. 1960. Introduction of exotic trees into the Sudan. Sudan Silva. 10(1): 14-30.
1522. Jackson, J.K. 1965. Species siting, climate, soil, and productivity. New Zealand Journal of Forestry. 10(1): 90-102.
1523. Jackson, J.K. 1973. Some results from fertilizer experiments in plantations (in Nigeria). Res. Pap. 23. Lagos, Nigeria: Federal Department of Forest Research. 21 p.
1524. Jackson, J.K. 1974. Nursery techniques in the savanna region of Nigeria. Res. Pap. 32. Lagos, Nigeria: Federal Department of Forest Research. 8 p.
1525. Jackson, J.K. 1987. Manual of agroforestation in Nepal. Kathmandu, Nepal: Department of Forests, Forest Survey and Research Office, UK Forestry Research Project. 402 p.
1526. Jackson, J.K.; Ojo, G.O.A. 1973a. Productivity of natural woodland and plantations in the savanna zones of Nigeria. Res. Pap. 20. Lagos, Nigeria: Federal Department of Forest Research. 10 p.
1527. Jackson, J.K.; Ojo, G.O.A. 1973b. Provenance trials of *Eucalyptus camaldulensis* in the savanna region of Nigeria. Res. Pap. 14. Lagos, Nigeria: Federal Department of Forest Research. 22 p.

1528. Jackson, J.K.; Shawki, M.S. 1950. Shifting cultivation in the Sudan. Memoirs 2. Khartoum, Sudan: Forest Research Division: 210-222.
1529. Jacobs, M.R. 1954. Silvicultural problems in the mixed *Eucalyptus* forest of the east coast of Australia. Empire Forestry Review. 33(1): 30-38.
1530. Jacobs, M.R. 1956. Eucalypt woodland in Australia. Unasylva. 10(3): 110-114.
1531. Jacobs, M.R. 1972. Forestry development and research. Brazil research needs in silviculture and forest management. Report FO:SF/BRA-45. Rome, Italy: Food and Agriculture Organization of the United Nations. 79 p.
1532. Jacobs, M.R. 1981. Eucalypts for planting. Forestry Series 11. Rome, Italy: Food and Agriculture Organization of the United Nations. 677 p.
1533. Jacobs, M.; Oldeman, R.A.A. 1988. The tropical rainforest, a first encounter. New York, NY: Springer Verlag. 300 p.
1534. Jagoe, R.B. 1949. Beneficial effects of some leguminous shade trees on grassland in Malaya. Malayan Agricultural Journal. 32(2): 77-87.
1535. Jahnke, L.S.; Lawrence, D.B. 1965. Influence of photosynthetic crown structure on potential productivity of vegetation, based primarily on mathematical models. Ecology. 46: 319-326.
1536. Jaiyebo, E.O.; Moore, A.W. 1963. Soil nitrogen: an accretion under different covers in a tropical rain forest environment. Nature. 197(4864): 317-318.
1537. Janos, D.P. 1975. Effects of vesicular-arbuscular mycorrhizae on lowland tropical rainforest trees. In: Sanders, F.E.; Mosse, B.; Tinker, P. B. y otros, editores. Endomycorrhizas. London, UK: Academic Press: 437-466.
1538. Janssen, J.J.A. [sin fecha] Bamboo as an engineering material: En: Annotated Bibliography, Commonwealth Bureau of Soils: Paper No. 21: Singapore: IDRC Bamboo and Rattan Network. 13 p.
1539. Janzen, D.H. 1970a. Comments on host-specificity of tropical herbivores and its relevance to species richness. En: Heywood, V.H., editor. Taxonomy and ecology. London, UK: Academic Press: 201-211.
1540. Janzen, D.H. 1970b. Herbivores and the number of tree species in tropical forests. American Naturalist. 104(940): 501-528.
1541. Janzen, D.H. 1973. Tropical agroecosystems. Science. 182: 1212-1219.
1542. Janzen, D.H. 1975. Ecology of plants in the Tropics. Studies in Biology 58. London, UK: Edward Arnold Ltd. 66 p.
1543. Janzen, D.H. 1976. Why tropical trees have rotten cores. Biotropica. 8(2): 110.
1544. Janzen, D.H. 1981. Patterns of herbivory in a tropical deciduous forest. Biotropica. 13(4): 271-282.
1545. Japing, H.W. 1936a. Cultuurproeven met wildhoutsoorten in Gadoengan. Plantation experiments in Java III. Tectona. 29(5): 309-343.
1546. Japing, H.W. 1936b. Cultuurproeven met wildhoutsoorten in Gadoengan. Tectona. 29(9): 651-701.
1547. Jarvis, P.G. 1975. Water transfer in plants. En: Heat and mass transfer in the biosphere. Part 1. Transfer processes in the plant environment. New York, NY: John Wiley: 369-394.
1548. Jasso, M.J. 1970. Impact of silviculture on forest gene resources. Unasylva. 24: 70-75.
1549. Jaydev, J. 1970. Working plan of Nilgiris Division (1954-1964), growth and yield statistics of common Indian timber species. [Lugar de publicación/editorial desconocidos] [Páginas desconocidas].
1550. Jeffers, J.N.R. 1964. Report on visit to Uganda, Tanganyika and Kenya. Statistics Section Pap. 68. Nairobi, Kenya: East African Agriculture and Forestry Research Organization. 25 p.
1551. Jenik, J. 1971. Root systems of tropical trees. 6. The aerial roots of *Entandrophragma angolense* (Welw.) C. DC. Preslia. 43: 1-4.
1552. Jha, M.N.; Pande, P. 1984. Impact of growing *Eucalyptus* and sal monocultures on soil in natural sal area of Doon Valley. Indian Forester. 110(1): 16-23.
1553. Jimenez, J.A. [sin fecha] *Laguncularia racemosa* (L.) Gaertn. f. White mangrove. Publication SO-ITF-SM-3. Rio Piedras, PR: U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Southern Forest Experiment Station, Institute of Tropical Forestry. 4 p.
1554. Jimenez, J.A. 1985. *Rhizophora mangle* L. Red mangrove. Publication SO-ITF-SM-2. Rio Piedras, PR: U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Southern Forest Experiment Station, Institute of Tropical Forestry. 7 p.
1555. Jimenez, J.A.; Lugo, A.E. [sin fecha] *Avicennia germinans* (L.) L. Black mangrove. Publication SO-ITF-SM-4. Rio Piedras, PR: U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Southern Forest Experiment Station, Institute of Tropical Forestry. 6 p.
1556. Jin-Bee, O. 1958. The distribution of present-day man in the Tropics: historical and ecological perspective. En: Proceedings, 9th Pacific science congress; 1957 November 18-December 9; Bangkok, Thailand. Bangkok, Thailand: Chulalongkorn University, Department of Science; 20: 111-124.
1557. Joachim, A.W.R.; Kandiah, S. 1948. The effect of shifting (Chena) cultivation and subsequent regeneration of vegetation on soil composition and structure. Tropical Agriculture. 104(1): 3-11.
1558. Jogiraju, G. 1921. A note on *Casuarina* plantations in the Vizagapatam District. Bull. 82. Madras, India: Forest Department. 19 p.
1559. John, C.A. 1961. The rate of growth of *Virola surinamensis* Warb. Oxford, UK: University of Oxford, Department of Forestry, Commonwealth Forestry Institute. 75 p.

1560. Johnson, M.S.; Alder, D.; Jefferson, M.E. 1981. Inventory of Carib pine in central and eastern Jamaica. Area, age class, and volume tables. Project Rep. 81. London, UK: Land Resources Development Centre, Overseas Development Administration. 301 p.
1561. Johnson, N.; Cabarle, B. 1993. Surviving the cut: natural forest management in the Tropics. Washington, DC: World Forestry Institute. 71 p.
1562. Johnson, N.E. 1976. Biological opportunities and risks associated with fast growing plantations in the Tropics. *Journal of Forestry*. 74(4): 206-211.
1563. Johnson, N.E.; Dykstra, G.F. 1978. Maintaining forest production in East Kalimantan, Indonesia. En: Papers, 8th world forestry congress; 1978 October 16-28; Jakarta, Indonesia. Jakarta, Indonesia: Government of Indonesia. 5: 1099-1107.
1564. Johnson, P.; Morales, R. 1972. A review of *Cordia alliodora* (Ruiz & Pav.) Oken. *Turrialba*. 22(2): 210-220.
1565. Johnston, D.R. 1962. Growing conifers in South Africa. *Empire Forestry Review*. 41(1): 37-43.
1566. Johnston, D.R. 1966. Agriculture vs. forestry for marginal land. *South Pacific Association Newsletter*. 9: 162-165.
1567. Jones, B.E. 1967. The growth of *Pinus khasya* in Zambia. *Forest Res. Bull.* 17. Lusaka, Zambia: Forest Department. 16 p.
1568. Jones, B.E. 1968. The growth of *Eucalyptus grandis* in Zambia. *Forest Res. Bull.* 18. Lusaka, Zambia: Forest Department. 11 p.
1569. Jones, E.W. 1950. Some aspects of natural regeneration in the Benin rain forest. *Empire Forestry Review*. 29(2): 108-124.
1570. Jones, E.W. 1955. Ecological studies on the rain forest of southern Nigeria. Part 4: The plateau forest of the Okomu Forest Reserve. *Journal of Ecology*. 43(2): 564-594.
1571. Jones, E.W. 1956. Ecological studies on the rain forest of southern Nigeria. Part 4. (continuation): The plateau forest of the Okomu Forest Reserve. *Journal of Ecology*. 44(1): 83-117.
1572. Jones, J.R.; Otarola, A. 1981. Diagnóstico socio-económico sobre el consumo y producción de leña en fincas pequeñas de Nicaragua. Informe Técnico 21. Turrialba, Costa Rica: Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza. 69 p.
1573. Jones, N. 1966. Tree selection and seed improvement. Tech. Note 1. Accra, Ghana: Forest Products Research Institute. 13 p.
1574. Jones, N. 1967. Procedure in the Nigerian forest tree breeding programme. Tech. Note 39. Lagos, Nigeria: Department of Forest Research. 14 p.
1575. Jones, N. 1968. Viability of freshly collected *Cedrela odorata* seeds. Tech. Newsletter 2. Accra, Ghana: Forest Products Research Institute.
1576. Jones, N. 1976. Some biological factors influencing seed setting in *Triplochiton scleroxylon* K. Schum. En: Burley, J.; Styles, B. T., editores. Tropical trees: variation, breeding, and conservation. London, UK: Academic Press: 125-134.
1577. Jonkers, W.B.J. 1987. Vegetation structure, logging damage, and silviculture in a tropical rain forest in Suriname. Wageningen, The Netherlands: Agricultural University. 172 p. Ph.D. thesis.
1578. Jonkers, W.B.J.; Hendrison, J. 1986. Prospects for sustained yield management of tropical rainforest in Suriname. En: Figueroa, J.; Wadsworth, F.H.; Branham, S. editores. Management of the forests of tropical America. Rio Piedras, PR: U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Southern Forest Experiment Station, Institute of Tropical Forestry: 157-173.
1579. Jonkers, W.B.J.; Schmidt, P. 1984. Ecology and timber production in tropical rainforest in Suriname. *Interciencia*. 9(5): 290-297.
1580. Jordan, C.F. 1971a. Productivity of a tropical forest and its relation to a world pattern of energy storage. *Journal of Ecology*. 59: 127-242.
1581. Jordan, C.F. 1971b. A world pattern in plant energetics. *American Scientist*. 59: 425-433.
1582. Jordan, C.F. 1977. Distribution of elements in a tropical montane rain forest. *Tropical Ecology*. 18(2): 124-130.
1583. Jordan, C.F. 1985. Nutrient cycling in tropical forest ecosystems. New York, NY: John Wiley. 190 p.
1584. Jordan, C.F. 1987. Amazon rainforests, ecosystem and recovery. New York, NY: Springer-Verlag. 133 p.
1585. Jordon, C.F., editor. 1989. An Amazonian rain forest. MAB Series, Vol. 2. Paris, France: United Nations Economic and Social Council. 176 p.
1586. Jordan, C.F.; Heuvelodp, J. 1981. The water budget of an amazonian rain forest. *Acta Amazonica*. 11(1): 87-92.
1587. Jordan, C.F.; Kline, J.R. 1977. Transpiration of trees in a tropical rain forest. *Journal of Applied Ecology*. 14: 853-860.
1588. Jordan, C.L. 1958. Mean soundings for the West Indies area. *Journal of Meteorology*. 15: 92-93.
1589. Jordon, D. 1965. The rattan industry. *Malayan Forester*. 28: 83-97.
1590. Jorgensen, J.R.; Wells, C.G. 1986. Tree nutrition and fast-growing plantations in developing countries. *The International Tree Crops Journal*. 3: 225-244.
1591. Jorvanceau, J. 1952. Rapport du Niger. En: Proceedings, 1re conférence forestière interafricaine; 1951. Abidjan, Côte d'Ivoire: [Lugar de publicación/editorial desconocidos] 153-162.
1592. Joshi, N.K. 1960. Pulpwood agri-silvicultural plantations of Nimar. En: Proceedings, 1958 farm forestry symposium; New Delhi, India: Dehra Dun, India: Forest Research Institute. 123-129.
1593. Juo, A.S.R.; Lal, R. 1977. The effect of fallow and continuous cultivation on the chemical and physical properties of an Alfisol in western Nigeria. *Plant and Soil*. 47: 567-584.

1594. Jurion, F.; Henry, J. 1967. De l'agriculture itinérante a l'agriculture intensifiée. Brussels, Belgium: Institut des Parcs Nationaux du Congo Belge. 498 p.
1595. Kadambi, K. 1945. Teak plantations in Mysore and their site quality. *Indian Forester*. 71(2): 58-62.
1596. Kadambi, K. 1954. *Dipterocarpus indicus* Bedd (Syn. *D. turbinatus* Gaertn. F.) its silviculture and management. *Indian Forester*. 80(5): 264-276.
1597. Kadambi, K. 1957. Methods of increasing growth and obtaining regeneration of tropical forests. *Forestry and Forest Products Studies* 13. Rome, Italy: Food and Agriculture Organization of the United Nations: 67-68.
1598. Kadambi, K. 1958. Methods of increasing growth and obtaining regeneration of tropical forest. En: *Proceedings, 4th world forestry congress; 1954 December 4-19; Dehra Dun, India*. New Delhi, India: Government of India, Manager of Publications; 3: 173-184.
1599. Kadambi, K. 1970. Eucalypts for west Africa. *Advances in the Frontier of Plant Science*. 24: 83-187.
1600. Kadambi, K.; Dabral, S.N. 1954. Air layering in forestry practice. *Indian Forester*. 80(11): 721-724.
1601. Kader, R.A. 1979. How Malaysia manages its mangroves. *Forest and Timber*. 15(1): 7-8, 13-14.
1602. Kaikini, N.S. 1960. Natural and artificial regeneration of teak. En: *Proceedings, 9th silvicultural conference; 1956 December 7-19; Dehra Dun, India*. Dehra Dun, India: Forest Research Institute: 58-65.
1603. Kalish, J. 1979a. Aracruz: forestry creates a business. How foresters aim for profitability. *World Wood*. 20(8): 16-18.
1604. Kalish, J. 1979b. Jari. *World Wood*. 20(2): 15-21.
1605. Kalla, J.C. 1977. Statistical evaluation of fuel yield and morphological variates for some promising energy plantation tree species in western Rajasthan. *Annals of Arid Zone*. 16(1): 117-126.
1606. Kamra, S.K. 1973. Forestry seed problems of some developing countries in Asia. *Sri Lanka Forester*. 11(1/2): 5-12.
1607. Kan, W.H.; Ho, C.H. 1959. Experiment on the vegetative propagation of *Tamarix aphylla* Karst. *Forestry Res. Bull.* 60. Taipei, Taiwan: Forestry Research Institute. 10 p.
1608. Kanehiro, Y. 1978. Soil organic matter in soils of the Tropics. En: Green, R.E.; Ikawa, H., editores. Report on a workshop on teaching introductory soil science including some special consideration of soils of the Tropics. Honolulu, HI: University of Hawaii, Agricultural Experiment Station, College of Tropical Agriculture and Human Resources: 85-96.
1609. Kang, B.T. 1977. Effect of some biological factors on soil variability in the tropics. 1. Effects of pre-clearing vegetation. *Plant and Soil*. 47(2): 441-449.
1610. Kang, B.T.; Moorman, F.R. 1977. Effect of some biological factors on soil variability in the Tropics. 2. Effect of oil palm tree (*Elaeis guianensis*). *Plant and Soil*. 47: 451-462.
1611. Kaosa-ard, A.; Visetsiri, K. 1980. Nursery techniques of teak. *Vanasarn*. 38(1/4): 136-148.
1612. Kapoor, R.N. 1961. Improvement of village forests and farm forestry in Bihar. Special Subject. Oxford, UK: University of Oxford, Department of Forestry, Commonwealth Forestry Institute. 37 p.
1613. Karamichalis, M.I. 1966. Genetics in forest tree breeding and its primary importance as applied in forestry. Special Subject. Oxford, UK: University of Oxford, Department of Forestry, Commonwealth Forestry Institute. 99 p.
1614. Karani, P.K. 1976a. Interim results of thinning research on *Cupressus lusitanica*. *Commonwealth Forestry Review*. 55(1): 41-55.
1615. Karani, P.K. 1976b. The response of *Pinus* species to inorganic fertilizers in Uganda. *East African Agricultural and Forestry Journal*. 42(1): 28-38.
1616. Karr, J. 1975. Production, energy pathways, and community diversity in forest birds. En: Golley, F.B.; Medina, E., editores. *Tropical ecological systems: trends in terrestrial and aquatic research*. New York, NY: Springer-Verlag. 398 p.
1617. Karschon, R. 1960. Effects of spacing and irrigation on yield of *Eucalyptus* and *Casuarina*. *La Yaaran*. 10(1/4): 58-61.
1618. Kartawinata, K. 1972. A provisional bibliography on tropical forest ecosystems. Bogor, Indonesia: Southeast Asian Regional Center for Tropical Biology. 34 p.
1619. Kasem Chukao; Charin Naksiri. 1976. Infiltration capacity of natural hill-evergreen forest of Doi Pui, Chiangmai. *Kog-Ma Watershed Bull.* 25. Bangkok, Thailand: Kasetsart University, Faculty of Forestry. 41 p.
1620. Katana, H. 1962. L'eucalyptus en Syrie. En: *Papers, United Nations conference on the application of science and technology for the benefit of less developed areas (UNCSAT) E/CONF-39/C/314*. 1962; Geneva, Switzerland: United Nations. 4 p.
1621. Kaul, O.N. 1956. Propagating mesquite (*Prosopis juliflora*) by root and shoot cuttings. *Indian Forester*. 82(11): 569-572.
1622. Kaul, O.N. 1963. Bamboo in Chambal ravines. *Indian Forester*. 89(3): 194-199.
1623. Kaul, R.N., editor. 1970. Afforestation in arid zones. The Hague, Netherlands: Monographiae Biologicae. 435 p.
1624. Kaul, R.N.; Ganguli, B.N. 1962. Khejri--the tree that does not mind drought. *Indian Farming*. 12(5): 7-8.
1625. Kaul, R.N.; Gurumurti, K. 1981. Forest energy in India. The state of art. *Indian Forester*. 107(12): 737-743.
1626. Kaul, R.N.; Maun, H.S. 1977. Tree planting and energy crisis: firewood. *Indian Farming*. 26(11): 79-81.
1627. Kaul, R.N.; Nambiar, K.T.N. 1966. Exotic trees and shrubs for arid and tracts. *Indian Farming*. 15(10): 5-9.
1628. Kaushik, R.C. 1960. Changeover to elite thinnings in Nilambur. En: *Proceedings, 9th silvicultural conference;*

- 1956 December 7-19; Dehra Dun, India. Dehra Dun, India: Forest Research Institute: 16-19.
1629. Kaushik, R.C.; Qureshi, I.M. 1969. Planning for industrial plantations. *Indian Forester*. 95(1): 5-14.
1630. Kaushik, R.C.; Singh, P. 1969. "Mysore-gum" in India. *Indian Forester*. 95(12): 931-938.
1631. Kaye, R.R. 1961. *Eucalyptus* spp. establishment of eucalypt plantations on Bundamba sandstones in southeast Queensland. Australian Pulp and Paper Industry Technical Association (APPITA). 15: 1.
1632. Keating, W.G.; Bolza, E. 1983. Characteristics, properties, and uses of timbers: volume I, Southeast Asia, northern Australia, and the Pacific. Melbourne, Australia: Commonwealth Scientific and Industrial Research Organization. 391 p.
1633. Keay, R.W.J. 1960. Seeds in forest soils. Information Bull. 4. Lagos, Nigeria: Forest Department. 4 p.
1634. Keay, R.W.J. 1961. Increment in the Okumu Forest Reserve, Benin. Information Bull. 11. Lagos, Nigeria: Forest Department. 34 p.
1635. Keay, R.W.J. 1963. Interspecific competition in Nigerian rain forests and its bearing on silviculture. Oxford, UK: University of Oxford, Department of Forestry, Commonwealth Forestry Institute. 81 p.
1636. Keay, R.W.J. 1970. Forests and the development of tropical countries. En: Human ecology in the Tropics. Oxford, UK: Pergamon Press: 79-86.
1637. Kedharnath, S.; Dhaundiyal, R.P. 1963. Preliminary observations on air layering in *Pinus roxburghii* and *Pinus caribaea*. *Indian Forester*. 89(3): 219-221.
1638. Kedharnath, S.; Kapoor, M.L. 1976. Field grafting trials with Caribbean pine. *Indian Forester*. 102(5): 279-282.
1639. Keenan, F.J.; Tejada, M. 1984. Tropical timber for building materials in the Andean group of countries of South America. Ottawa, Canada: International Development Research Centre. 151 p.
1640. Keeves, A. 1966. Some evidence of loss of productivity with successive rotations of *Pinus radiata* in the south-east of South Australia. *Australian Forestry*. 30(1): 51-63.
1641. Keiding, H. 1985. Worldwide practice with teak seeds. Seed Leaflet 4. Humlebaeck, Denmark: DANIDA Forest Research Centre. 21 p.
1642. Keiding, H.; Boonkind, S. 1960. Vegetative propagation of teak. *Unasylva*. 14(4): 193-194.
1643. Keiding, H.; Boonkind, S.; Bryndum, K. 1966. Aim and prospects of teak breeding in Thailand, flowering teak, germination of teak. *Natural History Bulletin of the Siam Society*. 21(1/2): 45-62, 69-73, 75-86.
1644. Kelliston, R.C. 1969. Establishment and management of clonal seed orchards of pine. En: Proceedings, 2d FAO/IUFRO world consultation on forest tree breeding; 1969 August 7-16; Washington, DC. Rome, Italy: Food and Agriculture Organization of the United Nations; 2: 1355-1366.
1645. Kellman, M.C. 1969. Some environmental components of shifting cultivation in upland Mindanao. *Journal of Tropical Geography*. 28: 40-56.
1646. Kellman, M.C. 1970. Secondary plant succession in tropical montane Mindanao. Publication BG/2. Canberra, Australia: Australian National University, Department of Biogeography and Geomorphology. 174 p.
1647. Kellogg, C.E. 1963. Shifting cultivation. *Soil Science*. 95(4): 221-230.
1648. Kemp, R.H. 1956. The control of root-feeding nursery pests, with special reference to termites (especially those attacking *Eucalyptus* spp. in northern Nigeria). Special Subject. Oxford, UK: Imperial Forestry Institute. 39 p.
1649. Kemp, R.H. 1963. Growth and regeneration of open savanna woodland in northern Nigeria. *Commonwealth Forestry Review*. 42(3): 200-206.
1650. Kemp, R.H. 1972. Seed sources and seed procurement of low-latitude tropical pines in Central America. En: Burley, J.; Nikles, D.G., editores. Selection and breeding to improve some tropical conifers. Oxford, UK: Commonwealth Forestry Bureau and Queensland Department of Forestry; 1: 9-16.
1651. Kemp, R.H. 1973a. Status of the C.F.I. International provenance trial of *Pinus caribaea* Morelet. En: Burley, J.; Nikles, D.G., editores. Proceedings of a joint meeting on tropical provenance and progeny research and international cooperation; 1973 October 22-26; Nairobi, Kenya. Oxford, UK: Commonwealth Forestry Institute: 10-17.
1652. Kemp, R.H. 1973b. Status of the C.F.I. international provenance trial of *Pinus oocarpa* Schiede. En: Burley, J.; Nikles, D.G., editores. Proceedings of a joint meeting on tropical provenance and progeny research and international cooperation; 1973 October 22-26; Nairobi, Kenya. Oxford, UK: Commonwealth Forestry Institute: 76-82.
1653. Kemp, R.H. 1974. Seed selection for provenance research and gene conservation. Oxford, UK: Commonwealth Forestry Institute. 16 p.
1654. Kemp, R.H. 1978. Prospección, utilización y conservación de los recursos. *Unasylva*. 30(119-120): 10-16.
1655. Kemp, R.H.; Lowe, R.G. 1970. The effect of tree size and environmental variables on increment of *Khaya grandifoliola* in a forest outlier in Nigeria. En: Onoche, C.F.A.; Adeyoju, S., editores. The development of forest resources in the economic advancement of Nigeria. Ibadan, Nigeria: University of Ibadan, Forestry Association: 228-242.
1656. Kemp, R.H.; Lowe, R.G. 1973. The effect of tree size and environmental variables on increment of *Khaya grandifoliola* in a forest outlier in Nigeria. *Forest Res. Pap.* 26. Lagos, Nigeria: Federal Department of Forest Research. 17 p.

1657. Kemp, R.H., Namkoong, G.; Wadsworth, F.H. 1993. Conservation of genetic resources in tropical forest management: principles and concepts. FAO Forestry Pap. 107. Rome, Italy. Food and Agriculture Organization of the United Nations. 105 p.
1658. Kennedy, J.D. 1930. Taungya method of regeneration in Nigeria. *Empire Forestry Journal*. 9(2): 221-225.
1659. Kennedy, J.D. 1935. The group method of natural regeneration in the rain forest at Sapoba, Southern Nigeria. *Empire Forestry Journal*. 14(1): 19-24.
1660. Kenoyer, L.A. 1929. General and successional ecology of the lower tropical rain forest at Barro Colorado Island, Panama. *Ecology*. 10(2): 201-222.
1661. Kenworthy, J.B. 1971. Water and nutrient cycling in a tropical rain forest. En: Flenly, J., editor. *The water relations of Malesian [sic] forests*. Hull, UK: University of Hull: 49-65.
1662. Keogh, R.M. 1979. Does teak have a future in tropical America? *Unasylva*. 31(126): 13-19.
1663. Keogh, R.M. 1982. Teak (*Tectona grandis* Linn. f.) provisional site classification chart for the Caribbean, Central America, Venezuela, and Colombia. *Forest Ecology and Management*. 4: 143-153.
1664. Keogh, R.M. 1987. The care and management of teak (*Tectona grandis* L.) plantations. Heredia, Costa Rica: Universidad Nacional Heredia, Facultad de Ciencias de la Tierra y el Mar, Escuela de Ciencias Ambientales. 48 p.
1665. Kerkhof, P. 1990. Agroforestry in Africa: A survey of experience. London, UK: PANOS Publications Ltd. 216 p.
1666. Kermode, C.W.D. 1946. Natural and artificial regeneration of teak in Burma. *Indian Forester*. 72(1): 15-21.
1667. Kermode, C.W.D. 1952. The use of taungya in natural regeneration operations. *Burmese Forester*. 2(2): 65-70.
1668. Kermode, C.W.D. 1955. Regeneration with the aid of taungya. *Burmese Forester*. 5(2): 86-99.
1669. Kesarcodi, S.N. 1951a. *Casuarina* fuel plantations in Bombay. En: Proceedings, 7th silvicultural conference; 1946 October-November; Dehra Dun, India: Dehra Dun, India: Forest Research Institute: 560-563.
1670. Kesarcodi, S.N. 1951b. Seed collection, treatment, and storage. En: Proceedings, 7th silvicultural conference; 1946 October-November; Dehra Dun, India: Dehra Dun, India: Forest Research Institute: 421-428.
1671. Kesler, W. 1950. Note sur la multiplication du parasolier (*Musanga smithii*). *Bulletin Agricole du Congo Belge*. 41(1): 37-52.
1672. Kessler, A. 1968. Globalbilanzen von klimatelementen. Technische Hochschule Hannover 3. Berlin, Federal Republic of West Germany: Berlin Institute of Meteorology and Climatology. [Páginas desconocidas].
1673. Khan, A.H. 1956. The tannin yielding species, their growth and climatic requirements. Part 1. *Pakistan Journal of Forestry*. 6(1/2): 14-29.
1674. Khan, A.H. 1960. The mangrove forests of Andhra State. En: Proceedings, 9th silvicultural conference; 1956 December 7-19; Dehra Dun, India. Dehra Dun, India: Forest Research Institute: 182-186.
1675. Khan, F.G. 1946. The cultivation of some of the genus *Eucalyptus* in the scrub forests of the northwest frontier province. *Indian Forester*. 72(11): 526-528.
1676. Khan, M.A.W. 1965. Seeding and planting on clay plains. Pamphlet 16. Khartoum, Sudan: Forest Department, Forestry Research and Education Project. 20 p.
1677. Khan, M.A.W. 1966a. Growth of *Eucalyptus microtheca* in conjunction with agricultural and fodder crops. Pamphlet 35. Khartoum, Sudan: Forest Department, Forestry Research and Education Project. 9 p.
1678. Khan, M.A.W. 1966b. Growth tables and thinning rules for *Khaya senegalensis* (Gerf) land plantations on the Blue Nile. Pamphlet 36. Khartoum, Sudan: Forest Department, Forestry Research and Education Project. 17 p.
1679. Khan, M.A.W. 1966c. Vegetative propagation by culm cuttings in *Bambusa vulgaris* and *Oxytenanthera abyssinica*. Pamphlet 37. Khartoum, Sudan: Forest Department, Forestry Research and Education Project. 14 p.
1680. Khan, M.A.W. 1972. Propagation of *Bambusa vulgaris*--its scope in forestry. *Indian Forester*. 98(6): 359-362.
1681. Khan, M.I.R. 1961. Irrigated forest plantations in West Pakistan. *Pakistan Journal of Forestry*. 11(2): 154-161.
1682. Khan, S.A. 1957. Attempt to regenerate shishma in conjunction with cultivation of cotton in Khanewal irrigated plantation. *Pakistan Journal of Forestry*. 7(1): 39-43.
1683. Khan, S.A. 1961. Regeneration of *Avicennia officinalis* in the coastal forests of West Pakistan. *Pakistan Journal of Forestry*. 11(1): 43-45.
1684. Khanzada, S.K. 1967. An economic approach to the management of linear plantations in West Pakistan. Special Subject. Oxford, UK: University of Oxford, Department of Forestry, Commonwealth Forestry Institute. 72 p.
1685. Kimber, P.C. 1963. Fire control in clear felled miombo woodland. Its effects on regeneration. Tech. Note 40. Lushoto, Tanzania: Forest Department. 6 p.
1686. King, H.C. 1945. Notes on three cyclones in Mauritius in 1945: their effect on exotic plantations, indigenous forest and on some timber buildings. *Empire Forestry Review*. 24(2): 192-195.
1687. King, K.F.S. 1965. The use of arboricides in the management of tropical high forest. *Turrialba*. 15(1): 35-39.
1688. King, K.F.S. 1966. An economic analysis of the Ibadan fuel plantation. *Nigerian Forestry Information Bulletin*. 17: 13.
1689. King, K.F.S. 1968a. Agri-silviculture (the taungya system). Bull. 1. Lagos, Nigeria: University of Ibadan, Forest Department. 109 p.

1690. King, K.F.S. 1968b. The formulation of forest policies in developing countries. En: Papers, 9th British Commonwealth forestry conference; 1968 January 3-27; New Delhi, India. [Lugar de publicación/editorial desconocidos]. 9 p.
1691. King, K.F.S. 1979a. Agroforestry and the utilization of fragile ecosystems. *Forest Ecology and Management*. 2(3): 161-168.
1692. King, K.F.S. 1979b. Population and social pressures on the land base. *Forestry Chronicle*. 55(6): 237-241.
1693. Kingston, B. 1974. Some observations on seed production in a young *Eucalyptus grandis* plantation. Tech. Note 204. Entebbe, Uganda: Forest Department. 43 p.
1694. Kingston, B.; Kaumi, S.Y. 1972. A preliminary yield table for *Cupressus lusitanica* grown in plantations in Uganda. Tech. Note 195. Entebbe, Uganda: Forest Department. 18 p.
1695. Kingston, D.J. 1960. The physical processes involved in subsistence agriculture and the necessity therefor. En: Proceedings, Unesco symposium on the impact of man on the humid tropics vegetation; 1960 September; Goroka, Papua New Guinea. Paris, France: United Nations Educational, Scientific, and Cultural Organization: 232-235.
1696. Kio, P.R.O. 1972. Shifting cultivation and multiple use of forest land in Nigeria. *Commonwealth Forestry Review*. 51(2): 144-148.
1697. Kio, P.R.O. 1976. What future for natural regeneration of tropical high forest? An appraisal with examples from Nigeria and Uganda. *Commonwealth Forestry Review*. 55(4): 309-318.
1698. Kio, P.R.O. 1979. Management strategies in the natural tropical high forest. *Forest Ecology and Management*. 2(3): 207-220.
1699. Kira, T.; Ogawa, H. 1971. Assessment of primary production in tropical and equatorial forests. En: Duvigneaud, P., editor. Productivity of forest ecosystems. Paris, France: United Nations Educational, Scientific, and Cultural Organization; 4: 309-321.
1700. Kira, T.; Ogawa, H.; Yoda, K. [y otros]. 1964. Primary production by a tropical rainforest of southern Thailand. *Botanical Magazine*. 77: 428-429.
1701. Kira, T.; Shidei, T. 1967. Primary production and turnover of organic matter in different forest ecosystems of the western Pacific. *Japanese Ecology*. 17(2): 70-87.
1702. Kirby, J.M. 1976. Forest grazing, a technique for the Tropics. *World Crops*. 28(6): 248-251.
1703. Kitchingman, G.D. 1944. The Punjab irrigated plantations. *Empire Forestry Journal*. 23(2): 115-121.
1704. Klein, R.M. 1966. Native trees suitable for afforestation in southern Brazil. *Sellowia, Itajal*. 18(18): 29-39.
1705. Klem, G.S. 1968. Quality of wood from fertilized forests. *Tappi*. 51(11): 99A-103A.
1706. Kline, J.R.; Jordan, C.F.; Drewry, G. 1968. Tritium movement in soil of a tropical rain forest (Puerto Rico). *Science*. 160: 550-557.
1707. Klinge, H. 1966. Verbreitung tropischer Tieflandpodsole. *Naturwissenschaften*. 17: 442-443.
1708. Klinge, H. 1969. Climatic conditions in lowland tropical Podzol areas. *Tropical Ecology*. 10: 222-239.
1709. Klinge, H. 1973. Root mass estimation in lowland tropical rain forests of central Amazonia, Brazil. 1. Fine root masses of a pale yellow Latosol and a giant humus Podzol. *Tropical Ecology*. 14(1): 29-38.
1710. Klinge, H. 1976. Root mass estimation in lowland tropical rain forest of central Amazonia, Brazil. 4. Nutrients in fine roots from Latosols. *Tropical Ecology*. 17(2): 79-88.
1711. Klinge, H. 1977. Preliminary data on nutrient release from leaf litter in a neotropical rain forest. *Amazoniana*. 6(2): 193-202.
1712. Klinge, H.; Rodrigues, W.A. 1968. Litter production in an area of Amazonian terra firme forest. Part 1. Litterfall, organic carbon and total nitrogen contents of mineral nutrient content of litter. *Amazoniana*. 1(4): 287-302.
1713. Klinge, H.; Rodrigues, W.A. 1973. Biomass estimation in a central Amazonian rain forest. *Acta Cientifica Venezolana*. 24: 225-237.
1714. Klinge, H.; Rodrigues, W.A.; Brunig, E.F. [y otros]. 1975. Biomass and structure in a central Amazonian rain forest. En: Golley, F.B.; Median, E., editores. Tropical ecological systems: trends in terrestrial and aquatic research. New York, NY: Springer-Verlag: 115-122.
1715. Knowles, R.L. 1972. Farming with forestry: multiple land use. *Farm Forestry*. 14(3): 61-70.
1716. Knudson, D.; Yahner, J.E.; Correa, H. 1970. Fertilizing eucalypts on Brazilian savanna soils. *Commonwealth Forestry Review*. 49(1): 30-40.
1717. Knudson, D.M.; Chaney, W.R.; Reynoso, F.A. 1988. Fuelwood and charcoal research in the Dominican Republic. Results of wood fuel development Program. West Lafayette, IN: Purdue University, Department of Forestry and Natural Resources. 181 p.
1718. Knuffel, W.E. 1967. *Eucalyptus grandis* seed germination in soil sterilized with methyl bromide gas. *South African Forestry Journal*. 62: 33-35.
1719. Koelmeyer, K.O. 1957. Teak plantations in Ceylon. *Ceylon Forester*. 3(2): 178-184.
1720. Koelmeyer, K.O. 1959. The periodicity of leaf change and flowering in the principal forest communities of Ceylon. *Ceylon Forester*. 4: 157-189.
1721. Koeppen, W. 1936. Das geographische system der klimate. En: Koeppen, W.; Geiger, R., editores. *Handbuch der klimatologie*. Berlin, Germany: Gebruder Borntraeger. [Páginas desconocidas].
1722. Kondes, S. 1982. Biology of two Indian bamboos, their culm potential and problems of cultivation. *Indian Forester*. 108(3): 179-188.
1723. Koriba, K. 1958. On the periodicity of tree growth in the Tropics, with reference to the mode of branching the leaf-fall and the formation of the resting bud. *Gardens Bulletin*. 17(1): 11-81.

1724. Kostermans, A.J.G.H. 1960. The influence of man on the vegetation of the humid Tropics. En: Proceedings, Unesco symposium on the impact of man on humid tropics vegetation; 1960 September; Goroka, Papua New Guinea. Paris, France: United Nations Educational, Scientific, and Cultural Organization: 332-338.
1725. Kostermans, A.J.G.H.; editor. 1987. Dipterocarps. Proceedings of an international conference in East Kalimantan, Indonesia, in 1985. Jakarta, Indonesia: Unesco Regional Office of Science and Technology. 653 p.
1726. Kostler, J. 1956. Silviculture. Edinburgh, UK: Oliver and Boyd. 416 p.
1727. Kotze, J.J. 1961. Some further reflection on the growing of *Eucalyptus saligna* on short rotations. Journal of the South African Forestry Association. 36: 14-17.
1728. Kowal, N.E. 1966. Shifting cultivation, fire, and pine forests in the Cordillera Central, Luzon, Philippines. Ecological Monographs. 36(4): 389-419.
1729. Kozlowski, T.T. 1961. Some problems in use of herbicides in forestry. En: Proceedings, 17th annual north central weed control conference; 1960, Milwaukee, WI: [Editorial desconocida]. 1-10.
1730. Kozlowski, T.T. 1982. Water supply and tree growth. Part 1. Water deficits. Forestry Abstracts. 43(2): 57-95.
1731. Kozlowski, T.T.; Greathouse, T.E. 1970. Shoot growth and form of pines in the Tropics. Unasylva. 24(4): 6-14.
1732. Krebs, C.J. 1972. Ecology: the experimental analysis of distribution and abundance. New York, NY: Harper and Row. 694 p.
1733. Kriek, W. 1967a. Report on species and provenance trials in combretum and mixed savanna in Acholi and Tango Districts. Tech. Note 139/67. Entebbe, Uganda: Forest Department. 11 p.
1734. Kriek, W. 1967b. Report on species and provenance trials in combretum and mixed savanna in Bunyoro, Busoga and Teso Districts. Tech. Note 143/67. Entebbe, Uganda: Forest Department. 8 p.
1735. Kriek, W. 1967c. Report on species and provenance trials in combretum and mixed savanna in West Nile District. Tech. Note 135/67. Entebbe, Uganda: Forest Department. 11 p.
1736. Kriek, W. 1967d. Report on species and provenance trials in Lendu softwood scheme. Tech. Note 133/67. Entebbe, Uganda: Forest Department. 9 p.
1737. Kriek, W. 1967e. Report on species and provenance trials in the wooded savanna above 5,000 ft. altitude. Tech. Note 142/67. Entebbe, Uganda: Forest Department. 10 p.
1738. Kriek, W. 1967f. Report on species and provenance trials in wooded *Butyrospermum* savanna in West Nile, Madi and Tango Districts. Tech. Note 138/67. Entebbe, Uganda: Forest Department. 10 p.
1739. Kriek, W. 1967g. Report on species and provenance trials on *Olea-Juniperus-Podocarpus*-forest sites. Tech. Note 136/67. Entebbe, Uganda: Forest Department. 7 p.
1740. Kriek, W. 1967h. Report on species trials in aquatic grasslands and swamps in eastern Uganda. Tech. Note 141/67. Entebbe, Uganda: Forest Department. 7 p.
1741. Kriek, W. 1968a. Preliminary report on underplanting trials in tropical high forests. Tech. Note 158/68. Entebbe, Uganda: Forest Department. 12 p.
1742. Kriek, W. 1968b. Report on species and provenance trials in Acholi woodland. Tech. Note 145/68. Entebbe, Uganda: Forest Department. 20 p.
1743. Krishna Murthy, T. 1967. Minor forest products of India, their utilization and exploitation. Special Subject. Oxford, UK: University of Oxford, Department of Forestry, Commonwealth Forestry Institute. 530 p.
1744. Krishna Murthy, T. 1974. Minor forest products of India--their availability and demand, utilization and exploitation, and suggestions for their development. En: Papers, 10th British Commonwealth forestry conference; 1974, Dehra Dun, India: Dehra Dun, India: Forest Research Institute and Colleges: 23 p.
1745. Krishnaswamy, A. 1960. Organization of silvicultural research in Mysore State. En: Proceedings, 9th silvicultural conference; 1956 December 7-19; Dehra Dun, India. Dehra Dun, India: Forest Research Institute: 43-45.
1746. Krishnaswamy, V.S. 1952a. Afforestation in low rainfall areas of India. FAO/APFC - 52/13. Rome, Italy: Food and Agriculture Organization of the United Nations, Asia Pacific Forestry Commission. 4 p.
1747. Krishnaswamy, V.S. 1952b. Our experience with exotic species-Forest Research Institute, Dehra Dun, India. FAO/APFC - 52/23. Rome, Italy: Food and Agriculture Organization of the United Nations, Asia Pacific Forestry Commission. 8 p.
1748. Krishnaswamy, V.S. 1952c. Problems of tropical silviculture and management: mangrove forests of India. FAO/APFC - 52/19. Rome, Italy: Food and Agriculture Organization of the United Nations, Asia Pacific Forestry Commission. 8p.
1749. Krishnaswamy, V. S. 1953. Thinning research in India. Indian Forester. 79(11): 581-589.
1750. Krishnaswamy, V.S. 1956a. Bamboos--their silviculture and management. Indian Forester. 82(6): 308-313.
1751. Krishnaswamy, V.S. 1956b. Cover and nurse crops in sal (*Shorea robusta*) and teak (*Tectona grandis*) plantations at Dehra Dun. Indian Forester. 82(4): 153-170.
1752. Krishnaswamy, V.S. 1957a. Cashewnut--*Anacardium occidentale* (Linn) Madras Forest Department. En: Proceedings, 7th British Commonwealth forestry conference; 1957 August 27-October 10; Canberra, Australia: Commonwealth Government Printer: 99.
1753. Krishnaswamy, V.S. 1957b. *Eucalyptus* in Madras State. En: Proceedings, 7th British Commonwealth forestry conference; 1957 August 27-October 10; Canberra, Australia. Canberra, Australia: Commonwealth Government Printer: 101.

1754. Krishnaswamy, V.S. 1960. Regeneration of the dry fuel forests of the Madras State. En: Proceedings, 9th silvicultural conference; 1956 December 7-19; Dehra Dun, India. Dehra Dun, India: Forest Research Institute: 359-368.
1755. Krug, H.P. 1968. Planning for afforestation and planting in Brazil. En: Proceedings, FAO world symposium on man-made forests and their industrial importance; 1967 April 14-24; Canberra, Australia. Rome, Italy: Food and Agriculture Organization of the United Nations; 2: 1219-1235.
1756. Kuchler, A.W. 1956. Classification and purpose in vegetation maps. *Geographical Review*. 46: 155-167.
1757. Kuchler, A.W.; Montoya-Maquín, J.M. 1971. The Unesco classification of vegetation: some tests in the Tropics. Turrialba, Costa Rica: United Nations Education, Scientific, and Cultural Organization: 98-109.
1758. Kudela, M. 1974. Los problemas actuales de la silvicultura cubana. *Silvaecultura Tropica et Subtropica*. 4: 59-76.
1759. Kudela, M. 1978. Exterminación química del marabú *Dichrostachys glomerata* (Forsk.) Macbride, en Cuba. *Silvaecultura Tropica et Subtropica*. 6: 71-78.
1760. Kummerow, J. 1966. Vegetative propagation of *Pinus radiata* by means of needle fascicles. *Forest Science*. 12(4): 391-398.
1761. Kyrklund, B.; Erfurth, T. 1976. The future of mixed tropical hardwoods: an important renewable natural resource. Rep. FO:FDT/76/9(a). Rome, Italy: Committee on Forest Development in the Tropics. 16 p.
1762. Laarman, J.G.; Dutrow, G.F. 1984. A private enterprise strategy for forestry development: principles, mechanisms, and challenges. Working Pap. 2. Research Triangle Park, North Carolina: Southeastern Center for Forest Economics Research, Forestry Private Enterprise Initiative. 6 p.
1763. Laarman, J.G.; Sedjo, R.A. 1992. Global forests, issues for six billion people. New York, NY: McGraw Hill Inc. 337 p.
1764. LaBastille, A.; Pool, D.J. 1978. On the need for a system of cloud-forest parks in middle America and the Caribbean. *Environmental Conservation*. 5(3): 183-190.
1765. Labbe, P. 1982. Régénération naturelle de la forêt tropicale humide en Guadeloupe. Petit Bourg, Guadeloupe: Station de Recherches Forestière des Antilles et de la Guyana. 60 p.
1766. Labrada, A. 1975. *Cronartium quercuum* (Berk) Miyabe y *Cronartium strobilinum* Hedge et Hahn en *Pinus caribaea* Morelet var. *caribaea* Barret et Golfari. *Baracoa*. 5(3/4): 3-12.
1767. Lackhan, N.P. 1976. *Pinus caribaea* (var. *hondurensis*) in Trinidad and Tobago. Trinidad and Tobago: Forest Department. 35 p.
1768. Ladrach, W.E. 1974. El efecto de la fertilización con fósforo y calcio en el crecimiento inicial del *Pinus oocarpa* y *Cupressus lusitanica*, después de 3 años. Informe de investigación 3. Cali, Colombia: Carton de Colombia. 8 p.
1769. Ladrach, W.E. 1978a. Tablas de volumen, peso verde y peso seco para *Eucalyptus camadulensis* y *Eucalyptus grandis*. Informe de investigación 30. Cali, Colombia: Carton de Colombia. 16 p.
1770. Ladrach, W.E. 1978b. Tables of volume, green weight, and dry weight of *Pinus patula*. Res. rep. 38. Cali, Colombia: Carton de Colombia. 9 p.
1771. Ladrach, W.E. 1979. Entresaca de *Pinus patula* por métodos mecánicos y oculares, resultados a los 10 años. Informe de investigación 47. Cali, Colombia: Carton de Colombia. 6 p.
1772. Ladrach, W.E. 1980. Two year results of a *Eucalyptus* species and provenance test on six sites in Colombia. Res. Rep. 58. Cali, Colombia: Carton de Colombia. 12 p.
1773. Ladrach, W.E. 1983. Desarrollo y tasas de crecimiento de especies latifoliadas en bosques naturales y en plantaciones en Colombia. Informe de Investigación 84. Cali, Colombia: Celulosa y Papel de Colombia. 11 p.
1774. Ladrach, W.E. 1986. Control of wood properties in plantations with exotic species. Res. Rep. 106. Cali, Colombia: Carton de Colombia. 12 p.
1775. Ladrach, W.E.; Mazuera G.H., 1985. Source and characteristics of the natural regeneration in a humid tropical rainforest after clearcutting. Res. Rep. 10. Cali, Colombia: Celulosa y Papel de Colombia. 26 p.
1776. Laharragne, P. 1966. Contribución al conocimiento de la reproducción espontánea en bosques cultivados de *Araucaria angustifolia*. *Revista Forestal Argentina*. 11(3): 71-78.
1777. Lal, K.B.M. 1960. Manipulation of undergrowth for aiding natural regeneration of evergreen and semi-evergreen forests. *Indian Forester*. 86(7): 414-416.
1778. Lal, R.; Cummings, D.J. 1979. Clearing a tropical forest: 1. Effects on soil and micro-climate. *Field Crops Research*. 2(2): 91-107.
1779. Lal, R.; Russell, E.W., editores. 1981. Tropical agricultural hydrology. Chichester, UK: John Wiley. 482 p.
1780. Lama Gutierrez, G. de la. 1976. Plantaciones forestales en Venezuela. Evaluación y sugerencias para su desarrollo. Rep. 1976 - VEN/72/019. Rome, Italy: Food and Agriculture Organization of the United Nations. 85 p.
1781. Lamb, A.F.A. 1940. Current silvicultural work at Sapoba. *Nigerian Forester*. 1(1): 10-15.
1782. Lamb, A.F.A. 1957. Exotic forest trees in Trinidad and Tobago. En: Proceedings, 7th British Commonwealth forestry conference; 1957. Australia and New Zealand. Trinidad and Tobago: Government Printing Office: Vol. III: 7
1783. Lamb, A.F.A. 1960. Potentialities and economic problems in the conversion of old-growth forests to managed

- stands in South America. En: Proceedings, 5th world forestry congress; August 29-September 10; Seattle, WA. Seattle, WA: University of Washington. 2: 1009-1014.
1784. Lamb, A.F.A. 1966. Impressions of tropical pines and hardwoods in some eastern countries. Oxford, UK: University of Oxford, Department of Forestry, Commonwealth Forestry Institute. 93 p.
 1785. Lamb, A.F.A. 1968a. Artificial regeneration within the humid lowland tropical forest. *Unasylva*. 22(4): 7-15.
 1786. Lamb, A.F.A. 1968b. *Cedrela odorata*. Fast growing timber tree of the lowland Tropics, 2. Oxford, UK: University of Oxford, Department of Forestry, Commonwealth Forestry Institute. 30 p.
 1787. Lamb, A.F.A. 1968c. Choice of pines for lowland tropical sites. En: Proceedings, FAO world symposium on man-made forests and their industrial importance; 1967 April 14-24; Canberra, Australia. Rome, Italy: Food and Agriculture Organization of the United Nations; 2: 1009-1029.
 1788. Lamb, A.F.A. 1968d. *Gmelina arborea*: fast growing trees of the lowland Tropics, 1. Oxford, UK: University of Oxford, Department of Forestry, Commonwealth Forestry Institute. 31 p.
 1789. Lamb, A.F.A. 1968e. Potentialities of fast grown exotic trees on lowland tropical woodland sites. En: Papers, 9th British Commonwealth forestry conference; 1968 January 3-27; New Delhi, India. Brisbane, Australia: Queensland Department of Forestry. [Páginas desconocidas].
 1790. Lamb, A.F.A. 1969a. Artificial regeneration within the humid lowland tropical forest. *Commonwealth Forestry Review*. 48(1): 41-53.
 1791. Lamb, A.F.A. 1969b. Especies maderables de crecimiento rápido en la tierra baja tropical, *Cedrela odorata*. Boletín del Instituto Forestal Latino Americano de Investigación y Capacitación. 30/31: 15-59.
 1792. Lamb, A.F.A. 1970. Especies maderables de crecimiento rápido en la tierra baja tropical, *Gmelina arborea*. Boletín del Instituto Forestal Latino Americano de Investigación y Capacitación. 33/34: 21-51.
 1793. Lamb, A.F.A. 1973. *Pinus caribaea*. Fast growing timber trees of the lowland tropics, 6. Oxford, UK: University of Oxford, Department of Forestry, Commonwealth Forestry Institute. 254 p.
 1794. Lamb, A.F.A.; Ntima, O.O. 1971. *Terminalia ivorensis*. Fast growing timber trees of the lowland tropics, 5. Oxford, UK: University of Oxford, Department of Forestry, Commonwealth Forestry Institute. 72 p.
 1795. Lamb, D. 1974. Chemical weed control in plantations at grassland sites. *Tropical Forest Res. Note SR-21*. Papua New Guinea: Forest Department, Boroko. 13 p.
 1796. Lamb, D. 1975. Weed control in tropical forest plantations using glyphosate. *Pest Articles and News Summaries*. 21(2): 177-181.
 1797. Lamb, D. 1976. Changes in nutrient availability following clearing of tropical rain forest. *Tropical Forest Res. Note SR-30*. Papua New Guinea: Office of Forests, Port Moresby. 6 p.
 1798. Lamb, D. 1977. Relationships between growth and foliar nutrient concentrations in *Eucalyptus deglupta*. *Plant and Soil*. 47: 495-508.
 1799. Lamb, D.; Bruce, R. 1974. Chemical weed control in plantations on lowland rain forest sites. *Tropical Forestry Res. Note SR-22*. Papua New Guinea: Forest Department, Boroko. 18 p.
 1800. Lamb, F.B. 1951. Primavera. *Caribbean Forester*. 12(2): 75-83.
 1801. Lamb, F.B. 1966. Mahogany of tropical America. Ann Arbor, MI: University of Michigan. 220 p.
 1802. Lamb, H.H. 1974. The current trend of world climate: a report on the early 1970's and a perspective. East Anglia, UK: University of East Anglia, School of Environmental Sciences, Norwich Climatic Research Unit. 27 p.
 1803. Lamb, K.M. 1957. Exotic forest trees in the Southern Cameroons. Kumba, Nigeria: Forest Department. 7 p.
 1804. Lamba, C.S. 1952. Afforestation in low rainfall areas--Rajasthan desert region. Document FAO/APFC-51/14. Rome, Italy: Food and Agriculture Organization of the United Nations; Asia Pacific Forestry Commission. 11 p.
 1805. Lambeth, C.C.; Endo, M. 1990. Growth and quality of 460 clones of *Eucalyptus grandis* and gains over commercial seed lots. Forestry Research Report. Callahan, FL: Smurfit Carton de Colombia. 9 p.
 1806. Lambeth, C.C.; van Buijtenen, J.P.; Duke, S.D. [y otros]. 1983. Early selection is effective in 20-year old genetics tests of loblolly pine. *Silvae Genetica*. 32(5/6): 210-215.
 1807. Lamotte, M. 1975. The structure and function of a tropical savanna ecosystem. En: Golley, F. B.; Medina, E., editores. *Tropical ecological systems: trends in terrestrial and aquatic research*. New York, NY: Springer Verlag: 179-222.
 1808. Lamprecht, H. 1954. Pino laso. Boletín de la Facultad de Ingeniería Forestal. Merida, Venezuela: Universidad de los Andes; 1(4): 33-34.
 1809. Lamprecht, H. 1955. Germination tests of *Cecropia nigra* seeds. *Forest News Latin America*. Rome, Italy: Food and Agriculture Organization of the United Nations; 7(4). [Páginas desconocidas].
 1810. Lamprecht, H. 1956. Estudios sobre la capacidad germinativa de las semillas de *Cedrela odorata* L. en relación con el método de almacenamiento. Boletín de la Facultad de Ciencias Forestales. Merida, Venezuela: Universidad de los Andes; 3(12): 40-61.
 1811. Lamprecht, H. 1972. Structural characteristics of natural forest types in the Tropics and their silvicultural implications. *Forstwissenschaftliches Centralblatt*. 91(4/5): 271-277.
 1812. Lamprecht, H. 1989. Silviculture in the Tropics. Federal Republic of Germany: Eschborn. 296 p.

Bibliografía

1813. Lancaster, P.C. 1960. Investigation into natural regeneration in tropical high forest in southern Nigeria. *Nigeria Forestry Information Bulletin*. 2: 22.
1814. Lancaster, P.C. 1961a. Experiments with natural regeneration in the Omo Forest Reserve. *Nigeria Forestry Information Bulletin*. 13: 5-16.
1815. Lancaster, P.C. 1961b. History of the tropical shelterwood system. Tech. Note 12. Lagos, Nigeria: Forest Department. 11 p.
1816. Landsberg, H.E. 1961. Solar radiation at the Earth's surface. *Solar Energy*. 5(3): 95-98.
1817. Lane, D.A. 1961a. Notes on silvicultural methods in use in Ghana-natural regeneration systems. En: *Proceedings, 2e conférence forestière interafricaine*; 1958 July 3-11; Pointe Noire, Congo. Brussels, Belgium: Ministry of Foreign Affairs: 236-237.
1818. Lane, D.A. 1961b. The planting of exotic trees in Ghana. En: *Proceedings, 2e conférence forestière interafricaine*; Pointe Noire, Congo: [Lugar de publicación/editorial desconocidos]. 2: 421-435.
1819. Lane-Poole, C.E. 1936. Crown ratio. *Australian Forestry*. 1(2): 5-11.
1820. Lange, O.L.; Kappen, L. 1976. Water and plant life. Problems and modern approaches. *Ecological Studies* 19. Berlin, Federal Republic of Germany. Springer Verlag. 536 p.
1821. Lanier, L. 1959. Forêts artificielles en mozenne Côte d'Ivoire. *Revue Forestière Française*. 11(8/9): 592-604.
1822. Lanly, J.P. 1973. Manual of forest inventory with special reference to mixed tropical forest. Rome, Italy: Food and Agriculture Organization of the United Nations. 200 p.
1823. Lanly, J.P. 1981. Proyecto de evaluación de los recursos forestales tropicales (en el marco del Sistema Mundial de Vigilancia del Medio Ambiente - SINUVIMA). Los recursos forestales de la América Tropical. Informe preparado por la Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación en calidad de organismo cooperador del Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente. Informe Técnico 1. Rome, Italy: Food and Agriculture Organization of the United Nations. 343 p.
1824. Lanly, J.P. 1982. Tropical forest resources. *FAO Forestry Pap.* 30. Rome, Italy: Food and Agriculture Organization of the United Nations. 106 p.
1825. Lanly, J.P.; Clement, J. 1979. Present and future natural forest and plantation areas in the Tropics. *Unasylva*. 31(123): 12-20.
1826. Lanner, R.M. 1966. The phenology and growth habit of pines in Hawaii. Res. Pap. PSW-29. Berkeley, CA: U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Pacific Southwest Forest and Range Experiment Station. 25 p.
1827. Lanner, R.M. 1972. Crecimiento y morfogénesis de los pinos en los Trópicos. *Boletín del Instituto Forestal Latino Americano de Investigación y Capacitación*. 39/40: 45-51.
1828. Laquian Aprodicio, A. 1985. Vivienda básica: políticas urbanos, servicios vivienda en los países en desarrollo. Ottawa, Canada: International Development Research Centre. 208 p.
1829. Larcher, W. 1975. *Physiological plant ecology*. Berlin, Federal Republic of Germany: Springer Verlag. 252 p.
1830. Larguia, A. 1967. Comportamiento de *Pinus caribaea* var. *hondurensis* en Misiones. IDIA (sigla desconocida), Suplemento Forestal. 4: 53-58.
1831. Larsen, C.S. 1956. *Genetics in silviculture*. Edinburg, UK: Oliver and Boyd. 224 p.
1832. LaRue, T.A.; Patterson, T.G. 1981. How much nitrogen do legumes fix? *Advances in Agronomy*. 34: 15-38.
1833. Laudelout, H. 1961. Dynamics of a tropical soils in relation to their fallowing techniques. Rome, Italy: Food and Agriculture Organization of the United Nations. 111 p.
1834. Laudelout, H.; Meyer, J. 1954. Les cycles d'éléments minéraux et de matière organique en forêt équatoriale congolaise. *Actes et comptes rendus du V Congress International de la Science du Sol*. 2: 267-272.
1835. Laurie, M. V. 1934a. Artificial regeneration with the selection system. En: *Proceedings, 4th silvicultural conference*; 1934 October 28-November 4; Dehra Dun, India. Simla, India: Government of India Press: 169-176.
1836. Laurie, M.V. 1934b. Developments at Nilambur since the last conference. En: *Proceedings, 4th silvicultural conference*; 1934 October 28-November 4; Dehra Dun, India. Simla, India: Government of India Press: 126-136.
1837. Laurie, M.V. 1937. The beginning of teak plantations in India. *Indian Forester*. 63(3): 151-154.
1838. Laurie, M.V. 1938. A rough guide to thinning teak based on average spacing for a given mean diameter. *Indian Forester*. 64(7): 397-398.
1839. Laurie, M.V. 1941a. Artificial regeneration in dry forests in Madras. En: *Proceedings, 5th silvicultural conference*; 1939; Dehra Dun, India. Dehra Dun, India: Forest Research Institute: 419-428.
1840. Laurie, M.V. 1941b. Artificial regeneration with selection methods of working. En: *Proceedings, 5th silvicultural conference*; 1939; Dehra Dun, India. Dehra Dun, India: Forest Research Institute: 159-161.
1841. Laurie, M.V. 1941c. Summary of points in other notes received with a note on the organization of research into exotics, with summary of debate. En: *Proceedings, 5th silvicultural conference*; 1939; Dehra Dun, India. Dehra Dun, India: Forest Research Institute: 510-518.
1842. Laurie, M.V. 1941d. The efficiency of irregular stocking. En: *Proceedings, 5th silvicultural conference*; 1939; Dehra Dun, India. Dehra Dun, India: Forest Research Institute: 175-183.
1843. Laurie, M.V. 1941e. Mixtures in plantations. En: *Proceedings, 5th silvicultural conference*; 1939; Dehra Dun,

- India. Dehra Dun, India: Forest Research Institute: 349-362.
1844. Laurie, M.V. 1941f. Pruning in young crops. En: Proceedings, 5th silvicultural conference; 1939; Dehra Dun, India. Dehra Dun, India: Forest Research Institute: 561-568.
1845. Laurie, M.V. 1941g. Teak plantation technique with summary of debate. En: Proceedings, 5th silvicultural conference; 1939; Dehra Dun, India. Dehra Dun, India: Forest Research Institute: 375-381.
1846. Laurie, M.V. 1962. The changing face of forestry. *Empire Forestry Review*. 41(2): 146-152.
1847. Laurie, M.V. 1974. Tree planting practices in African savannas. *Forestry Development Pap.* 19. Rome, Italy: Food and Agriculture Organization of the United Nations. 185 p.
1848. Laurie, M.V.; Griffith, A.L. 1937. The problem of the pure teak plantation. *Indian Forest Records, Silviculture*. 5(1): 1-121.
1849. Laurie, M.V.; Sen Gupta, J.N. 1941. Notes on the cultivation of the tung-oil tree (*Aleurites* spp) in India. *Indian Forest Research, Silviculture*. 4(3): 133-159.
1850. Laursen, U. 1977. Thinning in mixed dipterocarp forest as a contribution to socioeconomic development. *Malaysian Forester*. 40(1): 36-57.
1851. Lawson, T.L.; Lal, R.; Oduro-Afriyie, K. 1981. Rainfall redistribution and microclimate changes over a cleared watershed. En: Lal, R.; Russell, E.W., editores. *Tropical agricultural hydrology*. Chichester, UK: John Wiley and Sons: 141-151.
1852. Lawton, R.M. 1973. A review of the possible causes of yield decline in second rotation conifer plantations and some suggested lines of investigation. London, UK: Overseas Development Administration, Land Resources Division. [Páginas desconocidas].
1853. Lawton, R.M., editor. 1976. State of knowledge: report of tropical forest ecosystems of anglophone Africa. Surbiton, Surrey, UK: Ministry of Overseas Development, Land Resources Division. 456 p.
1854. Leak, W.B. 1963. Calculation of "q" by the least squares method. *Journal of Forestry*. 61(3): 227-228.
1855. Leakey, L.S.B. 1964. Prehistoric man in the tropical environment. En: *The ecology of man in the tropical environment*. [Lugar de publicación/editorial desconocidos]. 24-29.
1856. Leakey, R.R.B. 1987. Clonal forestry in the Tropics. *Commonwealth Forestry Review*. 66(1): 61-75.
1857. Ledig, F.T.; Whitmore, J.L. 1981. Heritability and genetic correlations for volume, foxtails, and other characteristics of Caribbean pine in Puerto Rico. *Silvae Genetica*. 30(2/3): 88-92.
1858. Lee, Y.L. 1961. Some aspects of shifting cultivation in British Borneo. *Malayan Forester*. 24: 102-109.
1859. Lee Hua Seng. 1972. The role of silviculture in the management of the peat swamp reserves in Sarawak. *Malayan Forester*. 35(4): 260-268.
1860. Lefebvre, A. 1966. Technologie et culture de l'anacardier a Madagascar. *Bois et Forêts des Tropiques*. 108: 21-41.
1861. Leggate, J.; Beer, W.W. 1967. The resistance of certain tree species at present on trial in the Solomons to cyclone damage. *Tech. Note 5/67*. British Solomon Islands Protectorate: Forest Department. 3 p.
1862. Leggate, J.; Bengough, C.C. 1966. A preliminary investigation into the timber produced by *Eucalyptus deglupta* planted in the Solomons. *Tech. Note 3/66*. British Solomon Islands Protectorate: Forest Department. 3 p.
1863. Leigh, E.G., Jr. 1975. Structure and climate in tropical rain forest. *Annual Review of Ecology and Systematics*. 6: 67-86.
1864. Leopold, A. 1933. The conservation ethic. *Journal of Forestry*. 31: 634-643.
1865. Lernckert, A.; Campos, J.J. 1981. Producción y consumo de leña en las fincas pequeñas de Costa Rica. *Informe Técnico, Serie Técnica 16*. Turrialba, Costa Rica: Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza. 69 p.
1866. Leroy-Deval, J. 1975. Les possibilités du traitement de l'okuome en taillis pour la production de bois papetier. *Bois et Forêts des Tropiques*. 161: 23-34.
1867. Leslie, A.J. 1967. Cost-benefit analysis in relation to plantation development programmes. *Australian Forestry*. 31(1): 19-32.
1868. Leslie, A.J. 1977. Where contradictory theory and practice co-exist. *Unasylva*. 29(115): 2-17, 40.
1869. Leslie, A.J. 1987a. The economic feasibility of natural management of tropical forests. En: Mergen, F.; Vincent, J.R., editores. *Natural management of tropical moist forests*. New Haven, CT: Yale University, School of Forestry and Environmental Studies: 177-198.
1870. Leslie, A.J. 1987b. A second look at the economics of natural management systems in tropical mixed forests. *Unasylva*. 39(1): 46-58.
1871. Leslie, A.J. 1989. Review of forest management systems of tropical Asia: case studies of natural forest management for timber production in India, Malaysia, and the Philippines. *Forestry Pap.* 89. Rome, Italy: Food and Agriculture Organization of the United Nations. 228 p.
1872. Lessard, G.; Chouinard, A. 1980. Bamboo research in Asia. Document IDRC-159e. En: *Proceedings, workshop held in Singapore*. Ottawa, Canada: International Development Research Centre. 228 p.
1873. Letourneau, C. 1952. Report to the government of Thailand on reforestation in Thailand. FO/ETAP/47. Rome, Italy: Food and Agriculture Organization of the United Nations. 104 p.
1874. Letourneau, C. 1957. Tree planting practices in tropical Asia. *Forestry Development Paper 11*. Rome, Italy: Food and Agriculture Organization of the United Nations. 172 p.
1875. Letourneau, C. 1960. Utilisation de material mecanique pour les plantations forestières tropicales. *Bois et Forêts des Tropiques*. 71: 19-40.

Bibliografía

1876. Leuchars, D. 1959. Eucalypts in Uganda. Tech. Note 79. Entebbe, Uganda: Forest Department. 10 p.
1877. Leuchars, D. 1960. Latin America conifers in Uganda. Tech. Note 87. Entebbe, Uganda: Forest Department. 11 p.
1878. Leuchars, D. 1962. The planning and practice of trials of exotic species. En: Papers, 8th British Commonwealth forestry conference; 1962 June 25-July 28; East Africa. [Lugar de publicación/editorial desconocidos]. 12 p.
1879. Leuchars, D. 1965. The planning and practice of trials of exotic species. East African Agricultural and Forestry Journal. 31(1): 83-90.
1880. Levi-Strauss, C. 1952. The use of wild plants in tropical South America. Economic Botany. 6: 252-270.
1881. Levins, R. 1968. Evolution in changing environments. Some theoretical explanations. Princeton, NJ: Princeton University Press. 120 p.
1882. Lewis, N.B. 1967. Economic aspects of agriculture and afforestation on comparable lands. Australian Forestry. 31(1): 3-9.
1883. Lewis, N.B. 1968. Regeneration of man-made forests. En: Proceedings, FAO world symposium on man-made forests and their industrial importance; 1967 April 14-24; Canberra, Australia. Rome, Italy: Food and Agriculture Organization of the United Nations: 321-343.
1884. Leyva, M. 1979. Olancho: Honduras' massive project. World Wood. 20(6): 21-22.
1885. Liebhardt, W.C. 1981. A low fertilizer use approach to increase food production. En: Background papers for innovative biological technologies for lesser developed countries. Washington, DC: U.S. Congress, Office of Technological Assessment Workshop: 275-309.
1886. Liegel, L.H.; Venator, C.R. 1988. A technical guide to forest nursery management in the Caribbean and Latin America. Gen. Tech. Rep. SO-67. Rio Piedras, PR: U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Southern Forest Experiment Station, Institute of Tropical Forestry. 156 p.
1887. Liegel, L.H. 1990. *Didymopanax morototoni* (Abl.) Decne & Plach. Yagrumo macho. Araliaceae. Ginseng family. En: Burns, Russell M.; Honkala, Barbara H., compiladores., editores. Silvics of North America. Volume 2, Hardwoods. Agric. Handb. 654. Washington, DC: U.S. Department of Agriculture: 288-293.
1888. Liegel, L.H.; Stead, J.W. 1990. *Cordia alliodora* (Ruiz & Pav.) Oke. Laurel, capa prieto. Boraginaceae. Borage family. En: Burns, Russell M.; Honkala, Barbara H., compiladores., editores. Silvics of North America. Vol. 2, Hardwoods. Agric. Handb. 654. Washington, DC: U.S. Department of Agriculture: 270-277.
1889. Liegel, L.H. 1991. Growth and site relationships of *Pinus caribaea* across the Caribbean Basin. General Technical Report 50-83. New Orleans, LA: U.S. Department of Agriculture, Forest Service Southern Forest Experiment Station. 70 p.
1890. Lieth, H. 1972. Modelación de la productividad primaria del mundo. Boletín del Instituto Forestal Latino Americano de Investigación y Capacitación. 39/40: 63-74.
1891. Lieth, H. 1976. Biological productivity of tropical lands. Unasylva. 28(114): 24-31.
1892. Lieth, H.; Box, E. 1972. Evapotranspiration and primary productivity: C. W. Thornthwaite memorial model. En: Mather, J.R., editor. Papers on selected topics in climatology. New York, NY: Elmer: 37-46.
1893. Lieth, H.; Whittaker, R.H., editores. 1975. Primary productivity of the biosphere. New York, NY: Springer-Verlag. 339 p.
1894. Lieth, H.; Werger, J.A. editores. 1989. Tropical rain forest ecosystems. Vol. 1468. Ecosystems of the world. Amsterdam, Netherlands: Elsevier. 713 p.
1895. Liew That Chin. 1973a. Occurrence of seeds in virgin forest top soils with particular reference to secondary species in Sabah. Malaysian Forester. 36(3): 185-193.
1896. Liew That Chin. 1973b. The practicability of climber cutting and tree marking prior to logging as a silvicultural tool in the management of dipterocarp forests in Sabah. Malaysian Forester. 36(2): 5-19.
1897. Liew That Chin; Nor Diah, M.; Wong Yin Chum. 1975. Mangrove exploitation and regeneration in Sabah. Malaysian Forester. 38(4): 260-270.
1898. Liew That Chin; Wong Fung On. 1973. Density, recruitment, mortality and growth of dipterocarp seedlings in virgin and logged-over forests in Sabah. Malaysian Forester. 36(1): 3-15.
1899. Lim, F.Y.; Sundralingam, P. 1974. Some preliminary results of fertilizer application on the growth of a 6-year-old *Pinus caribaea* Mor. var *hondurensis* stand. Malaysian Forester. 37(2): 120-126.
1900. Lim, G. 1977. Nodulation of tropical legumes in Singapore. Tropical Agriculture. 54(2): 135-141.
1901. Lima, W.P.; Freire, O. 1976. Evapotranspiração em plantações de eucalipto e de pinheiro, e em vegetação herbácea natural. IPEF (Instituto de Pesquisa e Estudos Florestais), 12: 103-117.
1902. Lima, W.P.; Nicolielo, N. 1983. Precipitação efetiva e interceptação em florestas de pinheiros tropicais e em reserva de cerrado. IPEF (Instituto de Pesquisa e Estudos Florestais). 24: 43-46.
1903. Limaye, V.D. 1942. Interim report on the relation between rate of growth and strength of natural and plantation teak. Indian Forester Bulletin. 8(113): 13.
1904. Lim Tow Ming; Anthony, J. 1970. Control of seedling blight of *Pinus caribaea* Mor caused by *Colletotrichum gloeosporioides* Penz. Malayan Forester. 33(2): 144-148.
1905. Lin, W.C. 1962. Studies on the propagation by level (horizontally planted) cuttings of various bamboos. Bull. 80. Taipei, Taiwan: Forest Research Institute. 48 p.
1906. Lin, W.C. 1975. Spacing study on *Taiwania* plantations. Quarterly Journal of Chinese Forestry. 8(4): 18-27.

1907. Lines, R. 1968. The planning and conduct of provenance experiments. En: Proceedings, FAO world symposium on man-made forests and their industrial importance; 1967 April 14-24; Canberra, Australia. Rome, Italy: Food and Agriculture Organization of the United Nations; 3: 1429-1446.
1908. Liogier, H.A. 1990. Plantas medicinales de Puerto Rico y de el Caribe. Hato Rey, PR: Iberoamericana de Ediciones Inc. 566 p.
1909. Liou, C.P. 1969. A study on the value of use of plant hormones in grafting of Honduras mahogany. Journal of Chinese Forestry. 2(2): 15-41.
1910. List, R.J. 1966. Smithsonian meteorological tables. Smithsonian Miscellaneous Collection. 144: 1-157.
1911. Lizardo, L. 1956. Methods used in the trial plantings of Eucalyptus in the Philippines. Filipino Forestry. 8: 91-101.
1912. Lizardo, L. 1958. Results of trial plantings of Eucalyptus in the Philippines. Filipino Forestry. 9/10: 73-78, 103-109.
1913. Lizardo, L. 1966. Natural regeneration of pine forest in the Philippines. Filipino Forestry. 7: 40-51.
1914. Loetsch, F. 1958. Der einfluss brandrolungsbaus auf das gefuge des tropenwaldes und die wasserfuhrung der strome, untersucht am beispiel nordthailands. Erdkunde. 12(3): 182-205.
1915. Lof, G.O.G.; Duffe, J.A.; Smith, C.O. 1966. World distribution of solar radiation. Engineering Experiment Station Rep. 21. Madison, WI: University of Wisconsin. [Páginas desconocidas].
1916. Logan, A.F.; Balodis, V. 1982. Pulping and papermaking characteristics of plantation-grown *Acacia mangium* from Sabah. Malaysian Forester. 45(2): 217-236.
1917. Logan, A.F.; Balodis, Y.; Tan K.; Phillips, F.H. 1986. Pulping properties of regrowth *Anthocephalus chinensis* and *Macaranga hosei* from Sarawak forests. Tropical Science. 26(1): 54-58.
1918. Lohani, D.N. 1978. *Eucalyptus* plantations in India. Uttar Pradesh, India: Research and Development Center. 154 p.
1919. Long, A. 1955. Burma teak. Burmese Forester. 5(1): 11-27.
1920. Long, A. 1957. Some aspects of shifting or taungya cultivation in Burma. Burmese Forester. 7(2): 115-121.
1921. Longman, K.A. 1969. The dormancy and survival of plants in the humid Tropics. En: Woothouse, H.W., editor. Dormancy and survival. Symposia of the Society of Experimental Biology. Cambridge, UK: Cambridge University Press: 471-478.
1922. Longman, K.A. 1976. Conservation and utilization of gene resources by vegetative multiplication of tropical trees. En: Burley, J.; Styles, B.T., editores. Tropical trees: variation, breeding, and conservation. Symposium Series 2. London, UK: Linnean Society: 19-24.
1923. Longman, K.A.; Jenik, J. 1974. Tropical forest and its environment. London, UK: Longman. 196 p.
1924. Longwood, F.R. 1961. Puerto Rican woods: their machining, seasoning and related characteristics. Agric. Handb. 205. Washington, DC: U.S. Department of Agriculture. 98 p.
1925. Longwood, F.R. 1962. Present and potential commercial timbers of the Caribbean. Agric. Handb. 207. Washington, DC: U.S. Department of Agriculture. 167 p.
1926. Looock, E.E.M. 1950. The pines of Mexico and British Honduras. Bull. 35. Johannesburg, South Africa: Department of Forestry. 244 p.
1927. Lopez, M. 1936. An effect of storage on the germination of large-leaf mahogany seeds (*Swietenia macrophylla* King.). Makiling Echo. 15(2): 137-138.
1928. Lopez, M. 1938. Storage and germination of large-leaf mahogany seeds. Philippine Journal of Forestry. 1(4): 397-408.
1929. Lopez-Quiles, M.; Vazquez-Yanes, C. 1976. Estudio sobre germinación de semillas en condiciones naturales controladas. En: Investigaciones sobre la regeneración de selvas altas en Veracruz. Ciudad Mexico, Mexico: Compania Editorial Continental: 250-262.
1930. Loughnan, F.C. 1969. Chemical weathering of the silicate minerals. Amsterdam, Netherlands: Elsevier Scientific Publishing Company. [Páginas desconocidas].
1931. Lovejoy, T.E. 1982. Hope for a beleaguered paradise. Garden. 6(1): 32-36.
1932. Lowe, R.G. 1966. The effect of competition on tree growth [preliminary results]. En: Papers, 2d Nigerian forestry conference; Enugu, Nigeria: Ibadan, Federal Department of Forest Research. 115-149.
1933. Lowe, R.G. 1967a. Competition and thinning studies in Nigeria. En: Papers, 9th British Commonwealth forestry conference; 1967; New Delhi, India: Ibadan, Nigeria, Nigeria Department of Forest Research. 16 p.
1934. Lowe, R.G. 1967b. A tropical potting medium for tree species. Tech. Note 37. Lagos, Nigeria: Department of Forest Research. 16 p.
1935. Lowe, R.G. 1970. Plots in managed plantation crops in the high forest zone of Nigeria. En: Onoche, C.F.A.; Kolade Adeyoju, S., editores. The development of forest resources in the economic advancement of Nigeria. Ibadan, Nigeria: University of Ibadan, Forestry Association of Nigeria: 348-368.
1936. Lowe, R.G. 1971. Some effects of stand density on the growth of individual trees of several plantation species in Nigeria. Ibadan, Nigeria: University of Ibadan, Faculty of Agriculture, Forestry and Veterinary Science. 239 p.
1937. Lowe, R.G. 1973. Silvicultural characteristics of trees in growth by pattern analysis and stand curve analysis on the electronic computer. Res. Pap. 13. Lagos, Nigeria: Federal Department of Forest Research. 14 p.
1938. Lowe, R.G. 1974a. Food production and forestry in the high forest zone of Nigeria. En: Shifting cultivation and soil conservation in Africa. FAO Soils Bull. 24. 121-122.

1939. Lowe, R.G. 1974b. Nigerian experience with natural regeneration in tropical moist forest. 12 p. [Texto escrito a máquina sin publicar].
1940. Lowe, R.G. 1977. Experience with the tropical shelterwood system of regeneration in natural forest in Nigeria. *Forest Ecology and Management*. 1(3): 193-212.
1941. Lowe, R.G. 1984. Forestry and forest conservation in Nigeria. *Commonwealth Forestry Review*. 63(2): 129-136.
1942. Lowe, R.G.; Dobson, J. 1966. Planting time for pot plants and stump plants of *Terminalia ivorensis* and *Nauclea diderrichii* in Benin taungya. Tech. Note 34. Lagos, Nigeria: Department of Forest Research. 14 p.
1943. Lowe, R.G.; Walker, P. 1977. Classification of canopy, stem, crown status and climber infestation in natural tropical forest in Nigeria. *Journal of Applied Ecology*. 14: 897-903.
1944. Loweth, A.N. 1953. The introduction of exotics in Fiji. Special Subject. Oxford, UK: Imperial Forestry Institute. 46 p.
1945. Lubrano, L. 1968. Researches on the nutrient-demand of some species of *Eucalyptus*. En: Proceedings, FAO world symposium on man-made forests and their industrial importance; 1967 April 14-24; Canberra, Australia. Rome, Italy: Food and Agriculture Organization of the United Nations; 3: 1801-1826.
1946. Lucas, R.E.; Davies, J.K. 1961. Relationships between pH values of organic soils and availabilities of 12 plant nutrients. *Soil Science*. 92: 177-182.
1947. Luckhoff, H.A. 1949. The effect of live pruning on the growth of *Pinus patula*, *Pinus caribaea*, and *Pinus taeda*. *Journal of the South African Forestry Association*. 18: 25-55.
1948. Luckhoff, H.A. 1964. The natural distribution, growth, and botanical variation of *Pinus caribaea* and its cultivation in South Africa. *Annale Universiteit van Stellenbosch*. 39A(1): 160
1949. Luckhoff, H.A. 1967. Pruning of *Eucalyptus grandis*. Bosbou in Suid-Afrika. 8: 75-84.
1950. Lugo, A.E. 1987. Other studies in natural forests. En: Annual letter, 1986-87. Rio Piedras, PR: U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Southern Forest Experiment Station, Institute of Tropical Forestry: 9-13.
1951. Lugo, A.E.; Brown, S.; Chapman, J. 1988. An analytical review of production rates and stemwood biomass of tropical forest plantations. *Forest Ecology and Management*. 23: 179-200.
1952. Lugo, A.E.; Cintron, G. 1975. The mangroves of Puerto Rico and their management. En: Walsh, G.; Snedaker, S.; Teas, H., editores. Proceedings, International symposium on biology and management of mangroves. 1975. Gainesville, FL: University of Florida, Institute of Food and Agricultural Sciences: 825-846.
1953. Lugo, A.E.; Figueroa, J. 1984. *Anthocephalus chinensis* (Lam.) A. Rich. ex Walp. Kadam. Publication SO-ITF-SM-1. Rio Piedras, PR: U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Southern Forest Experiment Station, Institute of Tropical Forestry. 6 p.
1954. Lugo, A.E.; Figueroa, J. 1985. Performance of *Anthocephalus chinensis* in Puerto Rico. *Canadian Journal of Forest Research*. 15: 577-585.
1955. Lugo, A.E.; Ewel, J.J.; Hecht, S.B. [y otros], editores. 1987. People and the tropical forest. Washington, DC: Man and Biosphere Program. 75 p.
1956. Luna L., A. 1973. Problemática de las reservas forestales en Venezuela. *Revista Forestal Venezolana*. 16(23): 21-32.
1957. Luna L., A. 1976. Manejo de manglares en Venezuela. *Boletín del Instituto Latino Americano de Investigación y Capacitación*. 50: 41-56.
1958. Luna L., A. 1977. Aspectos generales del manejo de bosques tropicales en América Latina. *Revista Forestal Venezolana*. 17(27): 57-70.
1959. Lund, H.G. 1986. A primer for integrating resource inventories. Gen. Tech. Rep. WO-49. Washington, DC: U.S. Department of Agriculture, Forest Service. 64 p.
1960. Lund, H.G.; Caballero-Deloya, M.; Villareal-Canton, R., editores. 1987. Land and resource evaluation for national planning in the Tropics. Gen. Tech. Rep. WO-39. Washington, DC: U.S. Department of Agriculture, Forest Service: 524 p.
1961. Lundgren, A.L. 1981. The effect of initial number of trees per acre and thinning densities on timber yields from red pine plantations in the Lake States. Res. Pap. NC-193. St. Paul, MN: U.S. Department of Agriculture, Forest Service, North Central Forest Experiment Station. 25 p.
1962. Lundgren, B. 1978. Soil conditions and nutrient cycling under natural and plantation forests in Tanzanian highlands. Rep. in *Forest Ecology and Forest Soils* 31. Uppsala, Sweden: University of Agricultural Sciences, Department of Forest Soils. 427 p.
1963. Lupatelli, S.C. 1978. A silvicultura brasileira e a utilização de terras marginais para o reflorestamento. Brasília, Brazil: Ministerio da Agricultura. 30 p.
1964. Mabbayag, F. 1937. Propagation of kauayan (*Bambusa spinosa*) by cuttings. *Makiling Echo*. 16(1): 64-65.
1965. MacArthur, R.H. 1972. Geographical ecology. New York, NY: Harper and Row. 269 p.
1966. MacArthur, R.H.; Wilson, E.D. 1967. The theory of island biogeography. Princeton, NJ: Princeton University Press. 203 p.
1967. MacDicken, K.G.; Vergara, N.T., editores. 1990. Agroforestry: classification and management. New York, NY: John Wiley. 382 p.
1968. MacDonald, J.A.B. 1961. The simple rules of the Scottish eclectic thinning method. *Oxford Forest Society Journal*. 5(9): 6-11.

1969. Macedo, N. 1976. Aspectos principais de estudo sobre pragas de eucalipto. Comunicação Tec. 4. Brasília, Brazil: Projeto de Desenvolvimento e Pesquisas Florestal. 11 p.
1970. Macedo, N. 1977. Dispersão de plantas lenhosas de uma campina Amazônica. Manaus, Brazil: Instituto Nacional de Pesquisas de Amazonia. Acta Amazonica 7 (1 supp.) 69 p.
1971. MacGregor, J.J. 1960. Economics and the use of land for forestry. Unasylva. 14(2): 61-64.
1972. MacGregor, W.D. 1934. Silviculture of the mixed deciduous forests of Nigeria, with special reference to the south-western provinces. Oxford Forestry Memoirs 18. Oxford, UK: University of Oxford, Department of Forestry, Commonwealth Forestry Institute. 108 p.
1973. Machado, S. do A. 1975. Florestas artificiais do Parana. Floresta. 6(1): 67-87.
1974. Machado, S. do A. 1977. Produtividade de florestas tropicais. Floresta. 8(2): 47-53.
1975. Macias Arellano, L. 1952. Reforestación teórica y práctica. Ciudad México, Mexico: Secretario de Agricultura y Ganaderia, Dirección Forestal y de Caza. 330 p.
1976. Mackay, J.H. 1952. Notes on the establishment of new plantations in Bornu Province of Nigeria. Farm and Forest. 11: 9-14.
1977. Mackney, A.W. 1968. Possibilities of man-made forests for the integration of forest industries. En: Proceedings, FAO world symposium on man-made forests and their industrial importance; 1967 April 14-25; Canberra, Australia. Rome, Italy: Food and Agriculture Organization of the United Nations: 871-883.
1978. Madge, D.S. 1965. Leaf fall and litter disappearance in a tropical forest. Pedobiologia. 5: 273-288.
1979. Maeglin, R.R.; Boone, R.S. 1993. Forest products from Latin America: annotated bibliography of world literature on research, industry, and resource of Latin America. Gen. Tech. Rep. FPL-GTR-79. Madison, WI: U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Forest Products Laboratory. 120 p.
1980. Magini, E.; Tulstrup, N.P. 1955. Tree seed notes. Forestry Development Pap. 5. Rome, Italy: Food and Agriculture Organization of the United Nations. 354 p.
1981. Magnanini, A. 1971. O pinheiro-brasileiro, a ecologia e a necessidade de uma reserva biológica. Floresta. 3(2): 17-20.
1982. Maheut, J.; Dommergues, Y. 1960. Les Teckeraies de Casamance: capacité de production des peuplements caractéristiques biologiques et maintien du potentiel productif des sols. Bois et Forêts des Tropiques. 70: 25-42.
1983. Maheut, J.; Dommergues, Y. 1961. La fixation par le reboisement des dunes de la presqu'île du Cap Vert. Nogent-sur-Marne, France: Centre Technique Forestier Tropical. 24 p.
1984. Mahler, P.J. 1972. Agricultural development and the environment. Geoforum. 10: 53-69.
1985. Mainieri, C. 1973. Madeiras do litoral sul: Estados de São Paulo, Parana, e Santa Catarina. nomenclatura botânica y vulgar, características gerais e usos comuns. Boletim Tec. 3. São Paulo, Brazil: Secretaria da Agricultura, Instituto Florestal. 84 p.
1986. Mainieri, C.; Chimelo, J.P.; Alfonso, V.A. 1983. Manual de identificação das principais madeiras comerciais brasileiras. São Paulo, Brazil: Instituto de Pesquisas Técnicas do Estado de São Paulo. 241 p.
1987. Maitre, H.F. 1987. Natural forests management in Côte d'Ivoire. Bois et Forêts des Tropiques. 39(157/158): 53-60.
1988. Majid, A.; Wyatt-Smith, J. 1958. Linear regeneration sampling in the Federation of Malaya. En: Proceedings, 9th Pacific science congress; 1957 November 18-December 9; Bangkok, Thailand. Bangkok, Thailand: Chulalongkorn University, Department of Science: [Páginas desconocidas].
1989. Makhijani, A.B.; Lichtenberg, A.J. 1972. Energy and well being. Environment. 14(5): 10-18.
1990. Malac, B.F.; Heeren, R.D. 1979. Hardwood plantation management. Southern Journal of Applied Forestry. 3(1): 3-6.
1991. Malaisse, F.; Alexandre, J.; Freson, R. [y otros]. 1972. The miombo ecosystem: a preliminary study. En: Golley, P.M.; Golley, F.B., editores. Tropical ecology with an emphasis on organic production. Athens, GA: University of Georgia: 363-405.
1992. Malcolm, D.C. 1979. The future development of even-aged plantations: silvicultural implications. En: Ford, E.D.; Malcolm, D.C.; Atterson, J., editores. Ecology of an even-aged forest plantation. Cambridge, UK: Institute of Terrestrial Ecology, Natural Environment Research Council: 481-504.
1993. Maleta, B.P. 1982. Problems and possibilities of logging development in Indian forestry. Indian Forester. 108(8): 539-549.
1994. Malkonen, E. 1972. Hakkuutahtaiden talteeuoton vaikutus mannifon ravinnevaroihin. [Effect of harvesting logging residues on the nutrient status of Scots pine stands.]. Folia Forestalia. 157: 1-14.
1995. Mallam, J.C. 1953. Regeneration of the high forest (in Nigeria). Information Bull. 11. Lagos, Nigeria: Forestry Department. [Páginas desconocidas].
1996. Mangieri, H.R. 1971. El cultivo de la *Paulownia* en Colonia Pirapo (*Paraguay*). Revista Forestal Argentina. 15(1): 17-20.
1997. Mann, W.F. 1958. Guides for direct seeding of the southern pines. Forests and People. 8(3): 16-17, 44, 47-48, 51-52.
1998. Mann, W.F.; Enghardt, H.G. 1972. Growth of planted slash pine under several thinning regimes. Res. Pap. SO-76. New Orleans, LA: U.S. Department of Agricul-

- ture, Forest Service, Southern Forest Experiment Station. 10 p.
1999. Manokaran, N. 1980. The nutrient contents of precipitation throughfall and stemflow in a lowland tropical rain forest in Peninsular Malaysia. *Malaysian Forester*. 43(3): 266-289.
2000. Manzanillo, H. 1974. Importancia del estudio de los bosques naturales. *México y sus Bosques*. 13(4): 15-31.
2001. Marcia, J.; Lambert, J.; Turner, J.K. 1983. Nutrient relationships of tree species in a New South Wales subtropical rainforest. *Australian Forest Research*. 13: 91-102.
2002. Mares, M.A. 1986. Conservation in South America: problems, consequences, and solutions. *Science*. 233: 734-739.
2003. Marie, E. 1949. Notes sur reboisements en *Swietenia macrophylla* King. *Caribbean Forester*. 10(3): 205-211.
2004. Marks, P.L.; Bormann, F.H. 1972. Revegetation following forest cutting: mechanisms for return to steady-state nutrient cycling. *Science*. 176: 914-915.
2005. Marquetti, J.R.; Gainza, M.A.; Leon Acosta, J.L. [y otros]. 1975. Algunos aspectos del comportamiento genético de las *Swietenias*. *Baracoa*. 5(1/2): 3-26.
2006. Marrero, J. 1942. Study of grades of broadleaved mahogany planting stock. *Caribbean Forester*. 3(2): 79-88.
2007. Marrero, J. 1946. El cultivo de eucalipto en la sierra de Ecuador. *Caribbean Forester*. 7(1): 57-69.
2008. Marrero, J. 1948a. Forest planting in the Caribbean National Forest: past experiences as a guide for the future. *Caribbean Forester*. 9(2): 85-148.
2009. Marrero, J. 1948b. Repoblación forestal en el Bosque Nacional del Caribe de Puerto Rico, experiencias en el pasado como guía para el futuro. *Caribbean Forester*. 9(2): 148-213.
2010. Marrero, J. 1949. Tree seed data from Puerto Rico. *Caribbean Forester*. 10(1): 11-30.
2011. Marrero, J. 1950a. Reforestation of degraded lands in Puerto Rico. *Caribbean Forester*. 11(1): 3-24.
2012. Marrero, J. 1950b. Results of forest planting in the insular forests of Puerto Rico. *Caribbean Forester*. 11(3): 107-147.
2013. Marrero, J. 1961. *Sphagnum* moss as a medium for rooting pine seedlings. *Tropical Forestry Note* 9. Rio Piedras, PR: U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Southern Forest Experiment Station, Institute of Tropical Forestry. 2 p.
2014. Marrero, J.; Wadsworth, F.H. 1951. Early results from the improvement of a farm woodlot. *Caribbean Forester*. 12(2): 56-66.
2015. Marrero, J.; Wadsworth, F.H. 1958. Indicaciones para la repoblación forestal de las fincas de Puerto Rico. *Caribbean Forester*. 19(3/4): 56-79.
2016. Marsh, E.K. 1957. Some preliminary results from O'Connor's correlated curve trend (C.C.T.) experiments on thinnings and spacings and their practical significance. En: *Papers, 7th British Commonwealth forestry conference; 1957; Australia and New Zealand*. Pretoria, South Africa: Government Printer: 52 p.
2017. Marsh, E.K. 1962. The introduction of fast growing exotic tree species to meet the timber requirements of developing countries; En: *Papers, UNCSAT conference: E/CONF.39/C/13; 1962. Geneva, Switzerland: United Nations Organization*. 6 p.
2018. Marsh, E.K. 1972. Some observations on the growth and characteristics of *Pinus kesiya*, *Pinus oocarpa*, and *Pinus merkusii* in South Africa. *Bosbou in Suid-Afrika*. 13: 45-50.
2019. Marsh, E.K.; Burgers, T.F. 1973. The response of even-aged pine stands to thinning. *Forestry in South Africa*. 14: 103-110.
2020. Marsh, R.W. 1977. *Systematic fungicides*. London, UK: Longman Group Ltd. 401 p.
2021. Marshall, R.C. 1937. Principles governing the selection of forest reserves. *Empire Forestry Journal*. 16(2): 228-233.
2022. Marshall, R.C. 1939. *Silviculture of the trees of Trinidad and Tobago, British West Indies*. Oxford, UK: Oxford University Press. 247 p.
2023. Marshall, R.C. 1950. Sustained yield management of mangrove, salt water swamp forest of Fiji. Suva, Fiji: Department of Forestry. 19 p.
2024. Marten, G.C.; Sancholuz, L.A. 1981. Evaluación de la capacidad de sustención en la región Xalapa. *Biotica*. 6(2): 123-153.
2025. Martin, B. 1971. Premiers travaux d'amélioration génétique des arbres forestières en république populaire du Congo. *Bois et Forêts des Tropiques*. 139/140: 27-42/13-31.
2026. Martin, B.; Cossalter, C. 1976. Les eucalyptus des îles de la sonde. *Bois et Forêts des Tropiques*. 165: 3-20.
2027. Martin, P.S. 1964. Paleoclimatology and a tropical pollen profile. Report of the 6th International Congress Quarterly. 2: 319-323.
2028. Martin, R.R. 1946. Contribución al estudio del cedro misionero. *Publicación Miscelanea* 32. Buenos Aires, Argentina: Dirección de Información. 19 p.
2029. Martinez, M. 1948. Los pinos mexicanos. Ciudad México, Mexico: D.F. Ediciones Botas. 361 p.
2030. Martinez, M. 1953. Las pinaceas mexicanas. Ciudad México, Mexico: Secretaría de Agricultura y Ganadería, Subsecretario de Recursos Forestales y de Caza. 362 p.
2031. Martinez McNaught, H. 1978. Técnicas o sistemas de plantación. En: *Plantaciones forestales--primera reunión nacional*. Durango, Mexico: Instituto Nacional de Investigaciones Forestales: 224-228.
2032. Martinot-Lagarde, P. 1961. Le niangon en plantation serrée sous forêt en Côte d'Ivoire. *Bois et Forêts des Tropiques*. 80: 13-26.
2033. Mason, P.A.; Pelham, J. 1976. Genetic factors affecting the response of trees to mineral nutrients. En: *Cannell*,

- M.G.R.; Last, F.T., editores. Tree physiology and yield improvement. New York, NY: U.S. Academic Press: 437-448.
2034. Mas Porras, J.; Luyano, G.B. 1974. Es posible mediante el sistema taungya aumentar la productividad de los bosques tropicales en México. Bol. Tec. 39. Ciudad México, Mexico: Instituto Nacional de Investigaciones Forestales. 47 p.
2035. Masrur, A.; Hanif, M. 1972. A study of surface runoff and sediment release in a chir pine area. Pakistan Journal of Forestry. 22(2): 113-141.
2036. Masson, J.L. 1953a. Establishment and management of exotic plantations in the dry savannah areas of northern Nigeria. Special Subject. Oxford, UK: University of Oxford, Department of Forestry, Commonwealth Forestry Institute. 17 p.
2037. Masson, J.L. 1953b. The management and utilization of Sudan savannah of northern Nigeria with special reference to Bornu Province. Special Subject. Oxford, UK: University of Oxford, Department of Forestry, Commonwealth Forestry Institute. 17 p.
2038. Masson, J.L. 1983. Management of tropical mixed forests. Preliminary assessment of present status. Document FO:MISC/83/17. Rome, Italy: Food and Agriculture Organization of the United Nations. 54 p.
2039. Masson, J.L.; Ricse, A. 1979. Un ejemplo de metodología empleada en el control de ensayos silviculturales. Revista Forestal del Peru. 9(1): 69-80.
2040. Mathauda, G.S. 1953. The tree species of the tropical evergreen ghat forests of Kanara (Bombay) and their rate of growth. Indian Forester. 79(4): 208-233.
2041. Mathauda, G.S. 1954a. The all-India teak seed origin sample plots. Indian Forester. 80(1): 10-23.
2042. Mathauda, G.S. 1954b. The influence of initial spacing on early mortality and growth in the *Casuarina* plantations at Balukhand, Puri Division, Orissa. Indian Forester. 80(8): 446-452.
2043. Mathauda, G.S. 1954c. Relationship between the average diameters of the main and the subsidiary crops in the case of plantation teak (*Tectona grandis* Lurn. F.). Indian Forester. 80(11): 707-708.
2044. Mathauda, G.S. 1956. Sample plots and yield tables. En: Proceedings, 8th silvicultural conference; 1951 December 5-14; Dehra Dun, India. Dehra Dun, India: Forest Research Institute; 2: 8-16.
2045. Mathauda, G.S. 1959. *Eucalyptus* for the dry zone. Indian Forester. 85(4): 211-224.
2046. Mathauda, G.S. 1960. The uneven-aged sal forests of Ramnagar Forest Division, Uttar Pradesh: their constitution and rate of growth and drain along with empirical yield and stand tables for selection type of sal crops. En: Proceedings, 9th silvicultural conference; 1956 December 7-19; Dehra Dun, India. Dehra Dun, India: Forest Research Institute. [Páginas desconocidas].
2047. Mathus Morales, J.G. 1978a. Ensayos de espaciamiento con *P. caribaea* var. *hondurensis* de Guatemala. En: La investigación forestal en las unidades forestales y organismos descentralizados--su coordinación e integración - primera reunión nacional. Durango, Mexico: Instituto Nacional de Investigaciones Forestales: 102-106.
2048. Mathus Morales, J.G. 1978b. Preparación de terrenos. En: Plantaciones forestales--primera reunión nacional. Durango, Mexico: Instituto Nacional de Investigaciones Forestales: 201-204.
2049. Matthews, D.M. 1914. Ipil-ipil: a firewood and reforestation crop. Bull. 13. Manila, Philippines: Bureau of Forestry. 18 p.
2050. Matthews, D.M. 1935. Management of American forests. New York, NY: McGraw-Hill. 495 p.
2051. Maturan, E.G. 1976. A sociological analysis of the haingin problem in Negros Oriental. Sylvatrop Philippine Forest Research Journal. 1(4): 237-248.
2052. Maudoux, E. 1958. Nouvelle technique d'enrichissement des Forêts denses hétérogènes: la plantation par placeaux denses espacés. En: Proceedings, 2e conférence interafricaine forestière; 1958, July 3-11, Pointe Noire, Congo: Brussels, Belgium, Ministry of Foreign Affairs. 112-128.
2053. Maudoux, E. 1966. Melia bombolo, essence congolaise a croissance très rapide. Bulletin Recherche Agronomique Gembloux. 1(4): 575-601.
2054. Maudoux, E.; Abeels, P. 1958. Bambusiculture en cuvette centrale au Congo. En: Proceedings, 2e conférence interafricaine forestière; 1958, July 3-11, Pointe Noire, Congo: Brussels, Belgium, Ministry of Foreign Affairs: 150-164.
2055. Mauritius Forestry Department. 1951. Coastal *Casuarina* plantations, 1949. Port Louis, Mauritius: Forestry Department. 11 p.
2056. May, L.C. 1962. Mão plante mandioca em associação com *Pinus elliottii*. Silvicultura em São Paulo. 1(1): 189-190.
2057. May, W.B. 1954. Fertilizers and forestry. Forestry Tech. Note 3. Lagos, Nigeria: East African Agriculture and Forestry Research Organizations. 6 p.
2058. May, W.B. 1961. A technique for grafting conifers in the field in east Africa. East African Agriculture Forestry Journal. 27(1): 20-21.
2059. Mayne, W.W. 1947. Coffee planting in south India. Tropical Agriculture. 24(4/6): 54-56.
2060. McCarthy, J. 1961. Growth conditions and regeneration of Abura (*Mitragyna stipulosa*). Empire Forestry Review. 40(2): 124-133.
2061. McClure, F.A. 1952. Bamboo in Latin America. Turrialba. 2(3): 110-113.
2062. McColl, J.G. 1970. Properties of some natural waters in tropical wet forest of Costa Rica. Bio-Science. 20(19): 1096-1100.

Bibliografía

2063. McComb, A.L.; Ojo, G.O.A.; Jackson, J.K. 1970. Fertilizer response of *Eucalyptus grandis* grown in a basaltre soil from the Mambilla Plateau. Res. Leaflet 2. Savanna, Nigeria: Department of Forest Research. 7 p.
2064. McComb, A.L.; Ojo, G.O.A.; Jackson, J.K. 1971. Fertilizer response of *Eucalyptus grandis*. Commonwealth Forestry Review. 50(1): 31-35.
2065. McCulloch, J.S.G.; Pereira, H.C. 1965. Effect of shade trees on tea yields. Agricultural Meteorology. 2(6): 385-399.
2066. McEwan, R.J. 1961. Nursery techniques for *Gmelina arborea* (Linn.). Nyasaland Farmer and Forester. 5(4): 15-17.
2067. McGrath, K.P. 1955. Possibilities of timber industrial development in the Amazon Valley. Tropical Woods. 101: 43-52.
2068. McIntosh, L.; Effendi, S.; Ismail, I.G. 1980. Productivity of tropical upland soils can be maintained and improved. Indonesian Agricultural Research and Development Journal. 2(1): 13-16.
2069. McKell, C.M. 1981. Native plants: an innovative biological technology. En: Background papers for innovative biological technologies for lesser developed countries. Washington, DC: Office of Technology Assessment Workshop: 349-382.
2070. McKenzie, T.A. 1973. Perspectivas para la investigación forestal latinoamericana. Boletín del Instituto Forestal Latinoamericano de Investigación y Capacitación. 44/45: 15-28.
2071. McKenzie, T.A. 1976. Las alternativas silvo-agricolas en la zona tropical húmeda de Venezuela y sus aplicaciones para plantaciones forestales. 2. Seminario Nacional de Plantaciones Forestales. Merida, Venezuela: Departamento Forestal. 14 p.
2072. McMahon, T.A. 1975. The mechanical design of trees. Scientific American. 233: 92-102.
2073. McMinn, J.W. 1966. Phosphate aids tree growth. Florida Cattleman and Livestock Journal. 30(8): 44-45.
2074. McWilliams, J.R.; Richards, B.N. 1955. Caribbean pine in Queensland (*Pinus caribaea*), some notes on its behavior and potentialities. Res. Note 4. Queensland, Australia: Forestry Department. 42 p.
2075. Mead, D.J.; Pritchett, W.L. 1971. A comparison of tree, responses to fertilizers in field and pot experiments. Proceedings Soil Science Society of America. 35(2): 346-349.
2076. Mead, J.P. 1937. The silvicultural treatment of young meranti crops. Malayan Forester. 6(1): 53-56.
2077. Medina, E. 1978. The future of the Amazon Basin. Interciencia. 3(4): 196-198.
2078. Medway, L. 1972. Phenology of a tropical rain forest in Malaya. Biological Journal of the Linnean Society. 4: 117-146.
2079. Meggers, B.J. 1954. Environmental limitations on the development of culture. American Anthropologist. 56: 801-824.
2080. Meijer, W. 1970. Regeneration of tropical lowland forest in Sabah, Malaysia forty years after logging. Malayan Forester. 33(3): 204-229.
2081. Meinardus, W. 1934. Nuderschlagsverteilung auf der Erde. Meteorol. Zeitschrift. 51: 345-350.
2082. Mejorada, N.S.; Huguet, L. 1959. Conifers of Mexico. Unasylva. 13(1): 24-35.
2083. Melchior, G.H. 1963. Informe preliminar acerca de la propagación agámica de *Pinus radiata* y *Pinus oocarpa*. Boletín del Instituto Forestal Latino Americano de Investigación y Capacitación. 13: 13-21.
2084. Melchior, G.H. 1969. El mejoramiento genético de árboles forestales tropicales y su aplicación en el manejo de los bosques. Revista Forestal Venezolana. 12(15): 23-51.
2085. Mello, H.A.; Mascarenhas Sobrinho, J.; Simoes, J.W. [y otros]. 1970. Resultados da aplicação de fertilizantes minerais na produção de madeira de *Eucalyptus saligna* Sm. em solos de cerrado do Estado de S. Paulo. IPEF (Instituto de Pesquisa e Estudos Florestais). 1: 7-26.
2086. Mello, H.A.; Rodriguez, N.S. 1966. Effect of soil preparation in the cerrado on the growth of *Eucalyptus saligna*. Revista Agricultura Piracicaba. 41(4): 163-178.
2087. Mello, H.A.; Simoes, J.W.; Mascarenhas Sobrinho, J. [y otros]. 1971. Influencia do espacamento na produção de madeira de eucalipto em solo de cerrado. IPEF (Instituto de Pesquisa e Estudos Florestais). 2/3: 3-30.
2088. Mendoza, V.B.; Glori, A.V. 1974. Fertilization of *Eucalyptus camaldulensis* in Carranglan, Nuevo Ecija. Occasional Pap. 51. Manila, Philippines: Bureau of Forest Development. Forest Research Division. 7 p.
2089. Menge, J.A. 1981. Mycorrhiza agriculture technologies. En: Background papers for innovative biological technologies for lesser developed countries. Washington, DC: Office of Technology Assessment Workshop: 383-424.
2090. Menon, K.P.V. 1976. History and development of forestry and forest industries in Malaysia. Bibliography 4. Kepong, Malaysia: Forest Research Institute. [Páginas desconocidas].
2091. Mensbruge, G. de la. 1961. La protection des sols et la restauration forestière dans les régions de savana au nord de la Côte d'Ivoire. Nogent-sur-Marne, France: Centre Technique Forestier Tropical. 30 p.
2092. Mensbruge, G. de la. 1962. Les plantations forestières considérées comme une application des techniques dégagées pro la recherche. En: Papers, UNCSTAT Conference E/CONF.39/C/380. 1962. Geneva, Switzerland: United Nations: [Páginas desconocidas].
2093. Mensbruge, G. de la. 1968. Afforestation species for the savannah. En: Proceedings, Conference on agricultural research priorities for economic development in Africa. 1968. Abidjan, Ivory Coast; Washington, DC; National Academy of Sciences 2: 346-354.

2094. Mergen, F.; Vincent, J.R., editores. 1987. Natural management of tropical moist forests, silviculture and management prospects of sustained utilization. New Haven, CT: Yale University, School of Forestry. 200 p.
2095. Mervart, J. 1969. Growth studies in the natural tropical forest for forest management purposes. Obeche Ibadan. 1(5): 48-59.
2096. Mervart, J. 1972. Growth and mortality rates in the natural high forest of western Nigeria. Nigerian Forest Information Bulletin. 22: 46.
2097. Mervart, J. 1974. Appendix to the papers on growth and mortality rates in the natural high forest of western Nigeria. Nigerian Forest Information Bulletin. 28: 30.
2098. Mery, G. 1987. Latin America forest sector development: a short term view and prospects. En: Palo, M.; Salmi, J., editores. Deforestation on development in the third world? Finland: Metsantutkimuslaitoksen Tiedonantoja: [Páginas desconocidas].
2099. Meskimen, G. 1973. "Washed" *Eucalyptus* planting stock--combining containerization with bare-rooting. Res. Note SE-190. Asheville, NC: U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Southeastern Forest Experiment Station. 8 p.
2100. Metro, A. 1955. *Eucalyptus* for planting. Forestry and Forest Products Studies 11. Rome, Italy: Food and Agriculture Organization of the United Nations. 403 p.
2101. Metz, L.J.; Wells, C.G. 1965. Weight and nutrient content of the above ground parts of some loblolly pines. Res. Pap. SE-17. Asheville, NC: U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Southeastern Forest Experiment Station. 20 p.
2102. Meyer, H.A. 1952. Structure, growth and drain in balanced uneven-aged forests. Journal of Forestry. 50(2): 85-92.
2103. Meyer, H.A. 1956. Growth and drain in uneven-aged forests. Document: IUFRO/56/25/12. Oxford, UK: International Union of Forest Research Organizations. 6 p.
2104. Meyer, H.A.; Recknagel, A.B.; Stevenson, D.D. [y otros]. 1961. Forest management. New York, NY: Ronald Press. 282 p.
2105. Michon, P. 1952. Rapport du service forestier du Dahomey. En: Proceedings, 1re conférence forestière interafricaine; 1951. Abidjan, Côte d'Ivoire: 215-226.
2106. Mikola, P. 1969. Afforestation of treeless areas. Unasylva. 23(1): 35-48.
2107. Milankovitch, M. 1930. Mathematische klimalehre. Handbuch de klimatologie, band I. Berlin, Germany. 836 p.
2108. Mill, J. S. 1891. A system of logic. New York, NY: Harper and Brothers. 659 p.
2109. Miller, A.D. 1968. Provisional yield tables for teak in Trinidad. Trinidad and Tobago: Government Printer. 21 p.
2110. Miller, A.D. 1969a. Provisional yield tables for *Pinus caribaea* (var. *hondurensis*) in Trinidad. Trinidad and Tobago: Government Printer. 10 p.
2111. Miller, A.D. 1969b. Provisional yield tables for teak in Trinidad. Port of Spain, Trinidad and Tobago: Forest Department. 12 p.
2112. Miller, A.D. 1974. *Pinus radiata* in Ecuador, its ecology and growth. Unasylva. 26(105): 30-34.
2113. Miller, H.G.; Miller, D.; Cooper, J.M. 1980. Biomass and nutrient accumulation at different growth rates in thinned plantations of Corsican pine. Forestry. 53(1): 23-29.
2114. Miller, K.R. 1975. Ecological guidelines for the management and development of national parks and reserves in the American humid Tropics. En: The use of ecological guidelines for development in the American humid Tropics. Morges, Switzerland: International Union for the Conservation of Nature and Natural Resources: 91-108.
2115. Miller, T.B. 1981. Growth and yield of logged-over mixed dipterocarp forest in E. Kalimantan. Malaysian Forester. 44(2/30): 419-424.
2116. Mirchandani, T.K. 1941. Treatment of teak plantations. Indian Forester. 67(8): 399-402.
2117. Mirov, H.T. 1967. The genus *Pinus*. New York, NY: Ronald Press. 602 p.
2118. Mishra, B.K.; Ramakrishnan, P.S. 1983a. Slash and burn agriculture at higher elevations in northeastern India. 1. Sediment water, and nutrient levels. Agriculture, Ecosystems and Environment. 9: 69-82.
2119. Mishra, B.K.; Ramakrishnan, P.S. 1983b. Slash and burn agriculture at higher elevations in northeastern India. 2. Soil fertility changes. Agriculture, Ecosystems and Environment. 9: 83-96.
2120. Misra, B.R. 1960. Creation of fuel-cum-fodder reserves in the plains of Chattisgarh (Madhya Pradesh). En: Proceedings, farm forestry symposium. 1958. New Delhi, India: Dehra Dun, India, Forest Research Institute. 160-168.
2121. Misra, R. 1972. A comparative study of net productivity of dry, deciduous forest and grassland of Varanasi, India En: Golley, P.M.; Golley, F.B., editores. Tropical ecology with an emphasis on organic production. Athens, GA: University of Georgia: 279-293.
2122. Mitchell, P.L. 1978. The case for increased wood production in developed countries. Commonwealth Forestry Review. 57(2): 127-132.
2123. Mlinsek, D. 1982. Research for the developed world. IUFRO News 38: 4.
2124. Moehring, D.M. 1966. Diameter growth and foliar nitrogen in fertilized loblolly pines. Res. Note SO-43. New Orleans, LA: U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Southern Forest Experiment Station. 3 p.
2125. Mohamad, A.B.; Ng, F.S.P. 1982. Influence of light on germination of *Pinus caribaea*, *Gmelina arborea*, *Sapium*

- baccatum* and *Vitex pinnata*. Malaysian Forester. 45(1): 62-68.
2126. Mohan, N.P. 1934. Value of the plea for ecological survey for problems of natural regeneration. En: Proceedings, 4th silvicultural conference; 1934. Dehra Dun, India: Dehra Dun, India, Forest Research Institute. 87
2127. Mohatkar, L.C.; Relwani, L.L. 1985. Effect on plant population, stubble height, and number of cuttings on the growth, seed, forage and firewood production of *Leucaena* k8. *Leucaena* Research Reports. 6: 40-41.
2128. Mohol, W.R.; Chan, H.T.; Appanch, S., editores. 1989. Proceedings of the seminar on growth and yield in tropical mixed and moist forests. Kuala Lumpur, Malaysia: Forest Research Institute. 250 p.
2129. Mohr, E.C. Jul. 1944. The soils of equatorial regions with special reference to the Netherlands East Indies. [Translation by R. L. Pendleton]. Ann Arbor, MI: Edwards Brothers, Inc. 766 p.
2130. Molfino, A.; Vairetti, M. 1972. Data on the behavior of different species and provenances of the genus *Pinus* at the end of the third year of growth. Boletín de la Asociación de Plantadores Forestales de Misiones. 7: 57-59.
2131. Molino, O. 1972. Influencia de la poda en el crecimiento de *Pinus elliottii*. Revista Forestal Argentina. 16(3/4): 113-114.
2132. Molino, O; Compana, P.; Vairetti, M. 1972. Growth of *Pinus elliottii* in Misiones. Boletín de la Asociación de Plantadores Forestales de Misiones. 7: 69-71.
2133. Molski, B. 1970. Mangrove forestry. Sylwan. 114(7): 17-25.
2134. Momoh, Z.O. 1973. The problems of mycorrhizal establishment in the savanna zone of Nigeria. Res. Pap. 28. Lagos, Nigeria: Federal Department of Forest Research. 7 p.
2135. Moni, G. 1965. Afforestation of catchment areas in Kerala State. Special Subject. Oxford, UK: University of Oxford, Department of Forestry, Commonwealth Forestry Institute. 103 p.
2136. Monteith, J.L. 1972. Solar radiation and productivity in tropical ecosystems. Journal of Applied Ecology. 9: 747-766.
2137. Monteith, J.L. 1975. Vegetation and the atmosphere. 1. Principles. London, UK: Academic Press. 278 p.
2138. Mooney, J.W.C. 1961. Selection management in the tropical moist semi-deciduous forest of Ghana. En: Proceedings, 2de conférence forestière interafricaine; 1958, July 3-11; Pointe Noire, Congo: Brussels, Belgium, Ministry of Foreign Affairs. 147-157.
2139. Mooney, J.W.C. 1962. The tropical shelterwood system in the high forest of Ghana. Empire Forestry Review. 41(3): 205-208.
2140. Mooney, J.W.C. 1963. Silviculture in Ghana. Commonwealth Forestry Review. 42(2): 159-163.
2141. Moore, D. 1957. The effects of an expanding economy on the tropical shelterwood system in Trinidad. En: Proceedings, 7th British Commonwealth forestry conference; 1957 August 26-October 10; Australia and New Zealand. Port of Spain, Trinidad: Forest Department; 2: 28.
2142. Moore, D. 1962. The utilization of hardwood. En: Papers, 8th British Commonwealth forestry conference; 1962 June 25-July 28; East Africa. Nairobi, Kenya: Forest Department. 5 p.
2143. Moore, J.A.; Budelsky, C.A.; Schlesinger, R.C. 1973. A new index representing individual tree competitive status. Canadian Journal of Forest Research. 3(4): 495-500.
2144. Moraes, V.H.F. 1970. Periodicidade de crescimento do tronco em árvores da floresta amazônica. Pesquisa Agropecuaria Brasileira. 5: 315-320.
2145. Moraes Victor, M.A.; Yamazoe, G.; Gurgel Filho, O.A. [y otros]. 1974. Viabilidade cultural do kiri (*Paulownia* spp.) em São Paulo. Boletim Técnico 8. São Paulo, Brazil: Instituto Florestal. 105 p.
2146. Moran, E.F. 1981. Developing the Amazon. Bloomington, IN: Indiana University Press. 292 p.
2147. Morandini, R. 1968. Planning of species and provenance trials. En: Proceedings, FAO world symposium on man-made forests and their industrial importance; 1967 April 14-25; Canberra, Australia. Rome, Italy: Food and Agriculture Organization of the United Nations: 189-204.
2148. Morellet, J. 1952. Une experience sylvicole au Cameroun. Bois et Forêts des Tropiques. 25: 297-312.
2149. Morellet, J. 1970. Problemas forestales en Cuba. Boletín del Instituto Forestal Latinoamericano de Investigación y Capacitación. 32: 3-64.
2150. Morello, J.A. 1985. Grandes ecosistemas de sudamérica. Bariloche, Argentina: Fundación Bariloche. 116 p.
2151. Moreno, P.B. 1976. La colonización de la Amazonia, poderoso vínculo de cooperación entre los pueblos iberoamericanos. Colombia Geografica. 5(1): 51-67.
2152. Moreno Casasola, P. 1976a. Latencia y viabilidad de semillas de vegetación primaria. En: Investigaciones sobre la regeneración de selvas altas en Veracruz, Mexico. Ciudad Mexico, Mexico: Compania Editorial Continental: 527-548.
2153. Moreno Casasola, P. 1976b. Viabilidad de semillas de árboles tropicales y templados: una revision bibliografica. En: Investigaciones sobre la regeneración de selvas altas en Veracruz, Mexico. Ciudad Mexico, Mexico: Compania Editorial Continental: 471-526.
2154. Morze, J. 1971. Chemical control of *Eucalyptus* species. Forestry in South Africa. 12: 49-53.
2155. Moser, J.W. 1967. Growth and yield models for uneven-aged forest stands. Dissertation Abstracts. 28(7): 2679-2680.
2156. Moss, M.R. 1975. Biophysical land classification schemes: a review of their relevance and applicability to agricul-

- tural development in the humid Tropics. *Journal of Environmental Management*. 3: 287-307.
2157. Moulds, F.R. 1947. *Eucalyptus* and their use in semi-tropical plantings. *Tropical Woods*. 91: 1-16.
2158. Mucha, S.B. 1979. Estimation of tree ages from growth rings of eucalypts in northern Australia. *Australian Forestry*. 42(1): 13-16.
2159. Mueller-Dumbois, D. 1973. A non-adapted vegetation interference with water removal in a tropical rain forest area in Hawaii. *Tropical Ecology*. 14(1): 1-18.
2160. Mujumdar, R.B. 1960a. Natural regeneration of teak in Madhya Pradesh. En: *Proceedings, 9th silvicultural conference; 1956 December 7-19; Dehra Dun, India*. Dehra Dun, India: Forest Research Institute: 58-65.
2161. Mujumdar, R.B. 1960b. Organization of silvicultural research in Madhya Pradesh. En: *Proceedings, 9th silvicultural conference; 1956 December 7-19; Dehra Dun, India*. Dehra Dun, India: Forest Research Institute: 41-43.
2162. Mulard, W. 1961. *Les reboisements en Haute Volta*. Nogent-sur-Marne, France: Centre Technique Forestier Tropical. 26 p.
2163. Mullick, S.P. 1957. Coastal plantations and techniques of sand fixation on the coasts of Mindapore District. *Indian Forester*. 83(2): 97-100.
2164. Muniz-Melendez, E. 1978. Demographic analysis of the life history of *Inga vera* subspecies *vera*. Knoxville, TN: University of Tennessee. 48 p. Tesis.
2165. Murca Pires, J.; Dobzhansky, T.; Black, G.A. 1953. An estimate of the number of species of trees in an Amazonian forest community. *Botanical Gazette*. 114(4): 467-477.
2166. Murphy, L.S. 1916. Forests of Puerto Rico: past, present, and future and their physical and economic environment. Bull. 354. Washington, DC: U.S. Department of Agriculture. 99 p.
2167. Murphy, P.G. 1970. Tree growth at El Verde and the effects of ionizing radiation. En: Odum, H.T.; Pigeon, R.F., editores. *A tropical rain forest*. Washington, DC: United States Atomic Energy Commission: 141-171.
2168. Murphy, P.G. 1975. Net primary productivity in tropical terrestrial ecosystems. En: Lieth, H.; Whittaker, R.H., editores. *Primary productivity of the biosphere*. New York, NY: Springer-Verlag: 218-231.
2169. Murphy, P.G. 1977. Rates of primary productivity in tropical grassland, savanna and forest. *Geo-Eco-Trop*. 1(2): 95-102.
2170. Murphy, P.G.; Lugo, A.E. 1986. Structure and biomass of a subtropical dry forest in Puerto Rico. *Biotropica*. 18(2): 89-96.
2171. Murphy, W.K.; Massey, J.G.; Blakenthorn, P.R. [y otros]. 1981. Some implications of using wood as fuel. *Southern Journal of Applied Forestry*. 5(1): 16-19.
2172. Mutch, W.E.S. 1949. The tropical shelterwood system of natural regeneration used in the forests of southern Nigeria. Special Subject. Oxford, UK: University of Oxford, Department of Forestry, Commonwealth Forestry Institute. 77 p.
2173. Muthanna, M.A. 1941. Short note on artificial regeneration in dry areas in the Kadur Forest Division, Sakrepatna Tract. En: *Proceedings, 5th silvicultural conference; 1939. Dehra Dun, India*. Dehra Dun, India: Forest Research Institute: 429-432.
2174. Muttiah, S. 1975. Some data on teak seed and further progermination treatment trials. *Sri Lanka Forester*. 12(1): 25-36.
2175. Nair, C.T.S. 1985. Integral management of forest ecosystems with special reference to tropical moist forests. Paper E.I. 1.3.4; IX World Forestry Congress; Ciudad Mexico, Mexico. Government of Mexico. 13 p.
2176. Nair, K.K. 1960. A summary of tending prescriptions for obtaining natural regeneration in the tropical wet evergreen forests of the western Ghats. En: *Proceedings, All India tropical moist evergreen forest study tour and symposium*. Dehra Dun, India: Forest Research Institute: 64-68.
2177. Nair, K.N.R. 1953. The cultivation of balsa. *Indian Forester*. 79(3): 163-168.
2178. Nair, K.R. 1952. Statistical methods in forest research. En: *Papers, 6th British Commonwealth forestry conference; 1952 September; Ottawa, Canada*. [Lugar de publicación/editorial desconocidos]. 8 p.
2179. Nair, P.K.R. 1980. *Agroforestry species*. ICRAF 003e. Nairobi, Kenya: International Council for Research in Agroforestry. 336 p.
2180. Nair, P.K.R. 1984. Soil productivity aspects of agroforestry. Nairobi, Kenya: International Council for Research in Agroforestry. 85 p.
2181. Nair, P.K.R. 1985. Classification of agroforestry systems. *Agroforestry Systems*. 3: 97-128.
2182. Nair, P.K.R., editor. 1989. *Agroforestry systems in the Tropics*. Nairobi, Kenya: Kluwer Academic Publishers. 676 p.
2183. Nair, P.K.R.; Fernandes, E.C.M.; Wombaga, P.N. 1984. Multipurpose leguminous trees and shrubs for agroforestry. *Agroforestry Systems*. 2: 145-163.
2184. Nair, P.N. 1981. Natural regeneration of teak in old teak plantations in moist deciduous areas. *Indian Forester*. 107(3): 155-157.
2185. Nakasuga, T.; Oyama, H.; Haruki, M. 1974. Studies on the mangrove community. 1. The distribution of the mangrove community in Japan. *Japanese Journal of Ecology*. 24(4): 237-246.
2186. Nambiar, K.K. 1946. A novel method of improving the germination of *Prosopis juliflora* seeds. *Indian Forester*. 72(4): 193-195.
2187. Namkoong, G.; Barnes, R.D.; Burley, J. 1980. A philosophy of breeding strategy for tropical forest trees. *Tropical Forestry Pap.* 16. Oxford, UK: University of Oxford, Department of Forestry, Commonwealth Forestry Institute. 67 p.

2188. Nanagas, F.V.; Serna, C.B. 1970. Preliminary study on growth and development of *Gmelina arborea* Linn. in Camp 7, Minglanilla, Cebu. Occasional Pap. 34. Manila, Philippines: Bureau of Forestry. 12 p.
2189. Nash, C.A.M. 1970. Nursery and establishment techniques used in New Guinea. T.P.N.G. for klinkii pine (*Araucaria hunsteinii*). Tech. Note 3. British Solomon Island Protectorate: Forest Department. 3 p.
2190. Nastor, M.N. 1961. Five-year growth and yield of residual forest in Aras-Asan, Cagwait, Surigao del Sur. Occasional Pap. 9. Manila, Philippines: Bureau of Forestry. 9 p.
2191. Nath, H.K. 1968. Soil and its management under shifting cultivation with special reference to Assam. Oxford, UK: University of Oxford, Department of Forestry, Commonwealth Forestry Institute. 81 p.
2192. Navarro de Andrade, E. 1939. O eucalipto. São Paulo, Brazil: Companhia Paulista de Estradas de Ferro. 667 p.
2193. Navarro de Andrade, E. 1941a. An alien in Brazil. *American Forests*. 47(7): 323, 326, 336, 351.
2194. Navarro de Andrade, E. 1941b. The *Eucalyptus* in Brazil. *Journal of Heredity*. 32(7): 215-220, 240.
2195. Negreiros, O.C. de. 1977. Regimen silviculturais em alto fuste. En: Publicação F15. São Paulo, Brazil: Instituto Forestal. 22-49.
2196. Nelder, J.A. 1962. New kinds of systematic designs for spacing experiments. *Biometrics*. 18: 283-307.
2197. Nelson, R.E. 1960. Silk oak in Hawaii...pest or potential timber. Misc. Pap. 47. Berkeley, CA: U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Pacific Southwest Forest and Range Experiment Station. 5 p.
2198. Nelson, R.E. 1965. A record of forest planting in Hawaii. *Resour. Bull. PSW-1*. Berkeley, CA: U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Pacific Southwest Forest and Range Experiment Station. 18 p.
2199. Nelson, T.C. 1962. Early competition in slash pine plantations. Res. Note 10. Asheville, NC: U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Southeastern Forest Experiment Station. 2 p.
2200. Neumann, F.G.; Marbs, G.C. 1976. A synopsis of important pests and diseases in Australia forests and forest miseries. *Australian Forestry*. 39(2): 83-102.
2201. Newbould, P.J. 1967. Methods for estimating primary production of forests. IBP Handb. 2. London, UK: Blackwell Scientific Publications. 62 p.
2202. Newell, R.E. 1971. The Amazon forest and atmospheric general circulation. En: Matthews, W.H.; Kellogg, W.W.; Robinson, G.D., editores. *Man's impact on the climate*. Cambridge, MA: Institute of Technology Press: 457-459.
2203. Newman, I.V. 1954. Locating strata in tropical rain forests. *Journal of Ecology*. 42(1): 218-219.
2204. Newton, K. 1960. Shifting cultivation and crop rotations in the Tropics. *Papua New Guinea Agricultural Journal*. 13(3): 81-118.
2205. Newton, M. 1975. Constructive use of herbicides in forest resources management. *Journal of Forestry*. 73(6): 329-336.
2206. Ng, F.S.P. 1973. Germination of fresh seeds of Malaysian trees. *Malaysian Forester*. 36(2)/36(3): 54-65/171-176.
2207. Ng, F.S.P. 1975. Germination of fresh seeds of Malaysian trees. *Malaysian Forester*. 38(3): 171-176.
2208. Ng, F.S.P. 1981. Vegetative and reproductive phenology of dipterocarps. *Malaysian Forester*. 44(2/3): 197-221.
2209. Ng, F.S.P. 1984. Plant phenology in the humid tropics. Res. Pamphlet 96. Kuala Lumpur, Malaysia: Forestry Department, Peninsular Malaysia: Forest Research Institute. 95 p.
2210. Ng, F.S.P.; Loh, H.S. 1974. Flowering to fruiting periods of Malaysian trees. *Malaysian Forester*. 32(2): 127-132.
2211. Ngampongsai, C. 1973. The distribution and development of teak-root in different age plantations. *Forest Res. Bull.* 28. Kasetsart, Thailand: Kasetsart University, Faculty of Forestry. 63 p.
2212. Nicholaides, J.J.; Sanchez, P.A.; Bandy, D.E. 1983. Crop production systems in the Amazon Basin. En: Moran, E.F., editor. *The dilemma of Amazonian development*. Boulder, CO: Westview Press: 101-153.
2213. Nicholson, D.I. 1958a. An analysis of logging damage in tropical rain forest in North Borneo. *Malayan Forester*. 21: 235-245.
2214. Nicholson, D.I. 1958b. Natural regeneration of logged tropical rain forest, North Borneo. *Malayan Forester*. 21: 65-71.
2215. Nicholson, D.I. 1965a. A note on *Acacia auriculiformis* A. Cunn. ex Benth. in Sabah. *Malayan Forester*. 28(3): 243-244.
2216. Nicholson, D.I. 1965b. A review of natural regeneration in the dipterocarp forests of Sabah. *Malayan Forester*. 28: 4-26.
2217. Nicholson, D.I. 1972. Compartment sampling in north Queensland rain forest as a basis for silvicultural treatment. *Commonwealth Forestry Review*. 51(4): 314-326.
2218. Nicholson, D.I. 1979. The effects of logging and treatment on the mixed dipterocarp forest of South East Asia. Document FO: Misc/79/8. Rome, Italy: Food and Agriculture Organization of the United Nations. 52 p.
2219. Nicholson, D.I. 1981. The natural occurrence and conservation status of *Acacia mangium* Willd. Tech. Note 5. Queensland, Australia: Department of Forestry. 7 p.
2220. Nicholson, J.W. 1945. Flowering of *Bambusa arundinacea* in Orissa. *Indian Forester*. 71(5): 145-146.
2221. Nienstaedt, H.; Cech, F.C.; Mergen, F. [y otros]. 1958. Vegetative propagation in forest genetics research and practice. *Journal of Forestry*. 56(11): 826-839.
2222. Nieves, L.O. 1979. Ecological life history study of *Didymopanax morototoni*. Rio Piedras, PR: University of Puerto Rico, Department of Biology. 85 p. Tesis de maestría en ciencias.

2223. Nikles, D.G. 1961. The development of a new method for grafting hoop and kawi pines. Res. Note 10. Queensland, Australia: Forest Service. 31 p.
2224. Nikles, D.G. 1965. Field grafting trial--*Pinus caribaea* 1961-62 phase. Australia Forest Research. 1(2): 41-44.
2225. Nikles, D.G. 1966. Progeny tests of slash pine in Queensland, Australia. En: Proceedings, 8th southern conference on forest tree improvement; 1965 June 16-17; Savannah, GA. Macon, GA: Forest Research Council: 112-120.
2226. Nikles, D.G. 1973. Progress in breeding *Pinus caribaea* Morelet in Queensland, Australia. En: Selection and breeding to improve some tropical conifers. Oxford, UK: University of Oxford, Department of Forestry, Commonwealth Forestry Institute; 2: 245-266.
2227. Nikles, D.G.; Burley, J.; Barnes, R.D., editores. 1978. Progress and problems of genetic improvement of tropical forest trees. Proceedings of a joint workshop held in Brisbane, Australia. Oxford, UK: University of Oxford, Department of Forestry, Commonwealth Forestry Institute. 1,066 p.
2228. Nkansah-Kyere, M. 1970. The growth of rooted cuttings of *Triplochiton scleroxylon* (Wawa) in the Afram Headwaters Research Centre. Ghana Forest Products Research Institute; Technical Newsletter. 4(1): 8-9.
2229. Noakes, D.S.P. 1951. Notes on the silviculture of the mangrove forests of Matang, Perak. Malayan Forester. 14(4): 183-196.
2230. Noakes, D.S.P. 1952. Notes on the silviculture of the mangrove forests of Matang, Perak. Document FAO/APFC-52/57. Rome, Italy: Food and Agriculture Organization of the United Nations. 9 p.
2231. Noakes, D.S.P. 1957. Mangrove. En: Tropical silviculture. Forestry and Forest Products Studies 13. Rome, Italy: Food and Agriculture Organization of the United Nations: 309-318.
2232. Noakes, D.S.P. 1958. Mangrove. En: Proceedings, 4th world forestry congress; 1954 December 4-19; Dehra Dun, India. Dehra Dun, India: Government of India, Manager of Publications; 3: 415-424.
2233. Nobles, R.W.; Briscoe, C.B. 1966. Height growth of mahogany seedlings--St. Croix, Virgin Islands. Res. Note 10. Rio Piedras, PR: U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Southern Forest Experiment Station, Institute of Tropical Forestry. 4 p.
2234. Nock, H.P. 1982. The Brazilian afforestation programme. Plant Research and Development. 16: 60-74.
2235. Nogueira, J.C.B. 1977. Reflorestamento heterogenio com essencias indígenas. Bol. Tec. 24. São Paulo, Brazil: Instituto Forestal. 71 p.
2236. Nogueira-Neto, P.; de Melo Carvalho, J.C. 1979. A programme of ecological stations for Brazil. Environmental Conservation. 6(2): 95-104.
2237. Norman, D.W. 1968. Why practice intercropping? Samarua Agricultural Newsletter. 10: 107-116.
2238. Normand, D. 1966-67. Les kovali, Vochyseacees de Guyana, et leurs bois. Bois et Forêts des Tropiques. 110/111: 3-11/5-17.
2239. Norton, E.A. 1939. Soil conservation survey handbook. Misc. Publication 352. Washington, DC: U.S. Department of Agriculture. 40 p.
2240. Norton, G.A.; Walker, B.H. 1982. Applied ecology: towards a positive approach. 1. The context of applied ecology. Journal of Environmental Management. 14: 309-324.
2241. Ntima, O.O. 1968. The *Araucarias*. Fast growing timber trees of the lowland Tropics. Oxford, UK: University of Oxford, Department of Forestry, Commonwealth Forestry Institute. 137 p.
2242. Ntima, O.O. 1971. Especies maderables de crecimiento rápido en la tierra baja tropical las *Araucarias*. Boletín del Instituto Forestal Latino Americano de Investigación y Capacitación. 36/37: 3-110.
2243. Nwoboshi, L. 1968. A case for fertilizers in Nigerian forestry. Obeche. 1(4): 21-32.
2244. Nwoboshi, L. 1971. A preliminary report on the application of row, eclectic, and basal area thinnings on an 8 year old teak stand. Ibadan, Nigeria: Ibadan University, Department of Forestry. Research Notes 1(1): 1-4.
2245. Nye, P.H. 1958. The relative importance of fallows and soils in storing plant nutrients in Ghana. Journal of the West African Agricultural Science Association. 4: 31-49.
2246. Nye, P.H. 1961. Organic matter and nutrient cycles under moist tropical forest. Plant and Soil. 13(4): 333-346.
2247. Nye, P.H. 1963. Soil analysis and assessment of fertility in tropical soils. Journal of Science Food and Agriculture. 14: 277-280.
2248. Nye, P.H.; Greenland, D.J. 1960. The soil under shifting cultivation. Tech. Communication 51. London, UK: Commonwealth Bureau of Soils. 111 p.
2249. Nye, P.H.; Greenland, D.J. 1964. Changes in the soil after clearing tropical forests. Plant and Soil. 21(1): 101-112.
2250. Nye, P.H.; Hutton, R.G. 1957. Some preliminary analyses of fallows and cover crops at the West African Institute for Oil Palm Research, Benin. Journal of the West African Institute for Oil Palm Research. 2(7): 237-243.
2251. Obeid, M.; Seif el Din, A. 1971. Ecological studies of the Sudan. 3. The effect of simulated rainfall distribution at different isohyets on the regeneration of *Acacia senegal* (L.) Willd. on clay and sandy soils. Journal of Applied Ecology. 8(1): 203-209.
2252. O'Conner, A.J. 1935. Forest research with special reference to planting distances and thinnings. Papers, 4th British Empire Forestry Conference; 1935. South Africa: South Africa, [Editorial desconocida] Pap. No. 30, 30 p.
2253. Odum, E.P. 1969. The strategy of ecosystem development. Science. 164(3877): 262-270.
2254. Odum, E.P. 1972. Ecosystem theory in relation to man. En: Wreirs, J.A., editor. Ecosystem structure and function. Corvallis, OR: Oregon State University Press: 11-24.

2255. Odum, H.T. 1970. Summary: an emerging view of the ecological systems at El Verde. En: Odum, H.T.; Pigeon, R.F., editores. A tropical rain forest: a study of irradiation and ecology at El Verde, Puerto Rico. Oak Ridge, TN: U.S. Atomic Energy Commission, Division of Technical Information: I-191 to I-289.
2256. Odum, H.T.; Pigeon, R.F., editores. 1970. A tropical rain forest: a study of irradiation and ecology at El Verde, Puerto Rico. Oak Ridge, TN: U.S. Atomic Energy Commission, Division of Technical Information. 1,678 p.
2257. Oedekoven, K.H. 1974. Brazil grows pulpwood trees in 7 years. *World Wood*. 15(1): 19-20.
2258. Ofori, C.S. 1974. Shifting cultivation--reasons underlying its practice. En: Shifting cultivation and soil conservation in Africa. Papers, FAO/SIDA/ARCN regional seminar; 1973 July 2-21; Ibadan, Nigeria. Rome, Italy: Food and Agriculture Organization of the United Nations. 248 p.
2259. Ogawa, H.; Yoda, K.; Ogino, K. [y otros]. 1965. Comparative ecological studies on three main types of forest vegetation in Thailand--2. Plant biomass. *Nature and Life in Southeast Asia*. 4: 49-81.
2260. Oguntala, A.B. 1973. Classification of canopy, stem, crown status and climber infestation in natural tropical forestry. En: Adeyolu, S. Kolade; Odeyinde, M.A., editores. The development of savanna forestry. Ibadan, Nigeria: University of Ibadan, Forestry Association: 90-100.
2261. Ojeniji, S.O.; Agbede, O.O. 1980. Effect of interplanting *Gmelina arborea* with food crops on soil condition. *Turrialba*. 30(3): 268-271.
2262. Ojo, G.O.A. 1974. Thoughts on tree improvement programmes for some savanna forest plantation species. Res. Pap. [savanna series] 35. Lagos, Nigeria: Federal Department of Forest Research. 4 p.
2263. Ojo, G.O.A.; Jackson, K.J. 1973. The use of fertilizer in forestry in the drier Tropics. Document FAO/IUFRO/F/73/16. Rome, Italy: Food and Agriculture Organization of the United Nations. 14 p.
2264. Oka, A.G. 1981. Energy plantation in India--prospects and perspectives. *Indian Forester*. 107(12): 758-766.
2265. Okon, E.U. 1962. Regeneration of the tropical rain forests of eastern Nigeria. En: Papers, 8th British Commonwealth forestry conference; 1962 June 25-July 28; East Africa. [Lugar de publicación/editorial desconocidos]. 21 p.
2266. Ola-Adams, B.A. 1974. Estimation of biomass and productivity of some natural forests and plantations in Nigeria. *Nigerian Journal of Forestry*. 4(1): 18-23.
2267. Olatoye, S.T. 1967. Seed storage problems in Nigeria. Ibadan, Nigeria, Department of Forest Research. 5 p.
2268. Olawoye, O.O. 1975. The agri-silvicultural system in Nigeria. *Commonwealth Forestry Review*. 54(3/4): 229-236.
2269. Oliphant, J.N. 1925. Development of forestry in British Honduras. *Empire Forestry Journal*. 4(1): 39-44.
2270. Omogiola, B.O. 1972. Initial observations on a *Cedrela* provenance trial in Nigeria. Res. Pap. 2. Lagos, Nigeria: Federal Department of Forest Research. 8 p.
2271. Onyeagocha, S.C. 1962. The development of a system of natural regeneration in Malaya compared to Nigeria. Special Subject. Oxford, UK: University of Oxford, Department of Forestry, Commonwealth Forestry Institute. 60 p.
2272. Opie, J.E. 1968. Predictability of individual tree growth using various definitions of competing basal area. *Forest Science*. 14: 314-323.
2273. Opler, P.A.; Balcer, H.C.; Frankie, G.W. 1976. Recovery of tropical lowland forest ecosystems. En: Cairns, J., editor. Recovery and restoration of damaged ecosystems. Blacksburg, VA: Virginia Polytechnic Institute: 380-421.
2274. Ordinario, F.F. 1973. Philippine rattans. Tech. Note 125. Manila, Philippines: Forest Products Research and Industries Development Commission, National Science Development Board College. 3 p.
2275. Orians, G.H. 1969. The number of bird species in some tropical forests. *Ecology*. 50(5): 783-801.
2276. Orians, G.H. 1982. The influence of tree-falls in tropical forests in tree species richness. *Tropical Ecology*. 23(2): 255-279.
2277. Orloci, L. 1975. Multivariate analysis in vegetation research. The Hague, Netherlands: W. Junk. 276 p.
2278. Osafo, E. D. 1968a. The application of the tropical shelterwood system (TSS) in coupe 2 of the Bobiri Research Centre. Tech. Note 3. Accra, Ghana: Forest Products Research Institute. 6 p.
2279. Osafo, E.D. 1968b. Enrichment planting in the rain forest and transition zones in Ghana. *Ghana Forestry Journal*. 1(1): 11-18.
2280. Osafo, E.D. 1970. The development of silvicultural techniques applied to natural forests in Ghana. Tech. Note 13. Accra, Ghana: Forest Products Research Institute. 18 p.
2281. Oseni, A.M. 1973. Survival of some plantation species after fires in Uzairue Reserve. *Nigerian Forestry Information Bull.* 25. Lagos, Nigeria: Forest Department. 6 p.
2282. Oseni, A.M.; Abayomi, J.O. 1970. Development trend of Nigerian silvicultural practice. En: Onoche, C.F.A.; Adeyolu, S. Kolade, editores. The development of forest resources in the economic advancement of Nigeria. Ibadan, Nigeria: University of Ibadan, Department of Forestry: 127-140.
2283. Oseni, A.M.; Abayomi, J.O. 1973. Development trends of Nigerian silvicultural practice. *Information Bull.* 24. Lagos, Nigeria: Forest Department. 16 p.
2284. Osmaston, H.A. 1956. Determination of age/girth and similar relationships in tropical forestry. *Empire Forestry Review*. 35: 193-197.

2285. Osmaston, H.A. 1961. Silvas and volume tables. Tech. Note 89. Entebbe, Uganda: Forestry Department. 2 p.
2286. Osse, L. 1961. Eucalypt plantations of the Companhia Siderurgica Belgo-Mineira. Anuario Brasileiro de Economia Florestal. 13: 102-112.
2287. Osse, L. 1963. Reforestación y siderurgia con carbon vegetal. Boletín del Instituto Forestal Latino Americano de Investigación y Capacitación. 12: 3-15.
2288. Ostendorf, F.W. 1962. The coffee shade problem. Tropical Abstracts. 17(9): 577-581.
2289. Otarola, A.; Whitmore, J.L.; Salazar, R. 1976. Analisis de 12 plantaciones de *Toona ciliata* en Turrialba. Turrialba. 26(1): 80-85.
2290. Oudshoorn, W. 1974. Pine and eucalyptus plantations in South America; their establishment, yield and potential as a source of pulp and/or woodfibre markets. Symposium International EU CE PA [Significado desconocido]. 1974, Madrid, Spain: Paper 21. [Lugar de publicación/ editorial desconocidos]. 13 p.
2291. Ovington, J.D. 1972. Biological and economic considerations of forest production in the Tropics with particular reference to tropical rain forests. Rome, Italy: Food and Agriculture Organization of the United Nations. 33 p.
2292. Ovington, J.D. 1974. The influence of management practices on the environment. En: Papers, 10th British Commonwealth forestry conference; 1974. Canberra, Australia: Canberra, Australia, Australian National University, Department of Forestry. 23 p.
2293. Ovington, J.D. 1975. Strategies for the management of natural and man-made ecosystems. En: Dobben, W.H.; Lowe-McConnel, R.H., editores. Unifying concepts in ecology. Wageningen, Netherlands: W. Junk: 239-246.
2294. Owino, F.; Dyson, W.G. 1971. The growth of pines at Maguga Arboretum 1952-69. Forestry Tech. Note 27. Nairobi, Kenya: East African Agriculture and Forestry Research Organizations. 54 p.
2295. Pacific Science Congress. 1958. Forest resources. En: Proceedings. 1957 November 18-December 9; Bangkok, Thailand. Bangkok: Thailand: Chulalongkorn University, Department of Science; 2: 71.
2296. Pacumbaba, P.O. 1939-40. Comparative studies on the planting of budded and seedling kapok. Philippine Agriculturist. 28(10): 816-828.
2297. Padua, M.T.J. 1977. Areas de preservação: parques nacionais e reservas biológicas. Brasil Florestal. 8(31): 6-14.
2298. Page, P.R. 1948. Observations in Nigerian savannah woodland. Journal of the Oxford University Forestry Society. 3: 32-40.
2299. Pajmans, K. 1970. An analysis of four tropical rain forest sites in New Guinea. Journal of Ecology. 58(1): 77-101.
2300. Palmberg, C. 1980. Abastecimiento de semilla y mejoras genéticas de *Pinus caribaea* en Panamá. Documento de Trabajo 2. Ciudad Panamá, Panama: Dirección Nacional de Recursos Naturales Renovables. 46 p.
2301. Palmer, E.R. 1977. The potential of fast-growing tropical pines for pulp and paper. Tropical Science. 19: 127-140.
2302. Palmer, E.R.; Ganguli, S.; Gibbs, J.A. 1984. Pulping characteristics of *Pinus caribaea*, *P. elliottii*, and *P. patula* growing in Tanzania. Rep. L66. London, UK: Tropical Development and Research Institute. 32 p.
2303. Palmer E.R.; Greenhalgh, P. 1983. The production of pulp and paper on a small scale. Publication G175. London, UK: Tropical Development and Research Institute. 53 p.
2304. Palmer, E.R.; Tabb, C.B. 1973. *Pinus caribaea* Morelet--its potential as pulpwood. En: Selection and breeding to improve some tropical conifers. Oxford, UK: University of Oxford, Department of Forestry, Commonwealth Forestry Institute; Queensland, Australia: Department of Forestry: 23-44.
2305. Palmer, F. 1981. The increasing importance of plantation timber. Journal of the Institute of Wood Science (London) 9(2): 51-54.
2306. Palmer, J.R. 1975. Towards more reasonable objectives in tropical high forest management for timber production. Commonwealth Forestry Review. 54(3/4): 273-289.
2307. Palmer, J.R. 1986. Jari: lessons for land managers in the Tropics. Bois et Forêts des Tropiques. 212(2): 16-26.
2308. Palo, M.; Salmi, J., 1987. Deforestation or development in the third world. Helsinki, Finland: The Finnish Forestry Research Institute. 260 p.
2309. Panday, D. 1983. Growth and yield of plantation species in the Tropics. Rome, Italy: Food and Agriculture Organization of the United Nations, Forest Resources Division. 115 p.
2310. Pande, G.C. 1978. Yield tables for *Eucalyptus grandis*. Indian Forest Records. 2: 1.
2311. Pandolfo, C. 1979. A amazonia brasileira e suas potencialidades. Belem, Brazil: Ministerio do Interior, Departamento de Recursos Naturais, Superintendência Dasarrollo de Amazônia. 74 p.
2312. Pant, M.M. 1977. Sustained yield--some views. Indian Forester. 103(3): 179-186.
2313. Pant, M.M. 1981. Wood to alleviate India's energy crisis. Indian Forester. 107(12): 795-803.
2314. Parde, J. 1980. Forest biomass. Forestry Abstracts. 41(8): 343-362.
2315. Parker, R.N. 1923. The Indian Forest Department. Empire Forestry Journal. 2(1): 34-41.
2316. Parker, R.N. 1938. Experiments with exotics. Indian Forester. 64(12): 717-723.
2317. Parker, R.N. 1940. The introduction of exotics. Indian Forester. 66(11): 639-645.
2318. Parrotta, J.A. [sin fecha] a. *Albizia lebbek* (L.) Benth. Siris. Publication SO-ITF-SM-7. Rio Piedras, PR: U.S. Department of Agriculture, Forest Service Southern Forest Experiment Station, Institute of Tropical Forestry. 5 p.
2319. Parrotta, J.A. [sin fecha] b. *Albizzia procera* (Roxb.) Benth. White siris, tall albizzia. Publication SO-ITF-SM-6. Rio

- Piedras, PR: U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Southern Forest Experiment Station, Institute of Tropical Forestry. 4 p.
2320. Parrotta, J. A. 1989. *Dalbergia sissoo* Roxb. sissoo, Indian rosewood. Publication SO-ITF-SM-24. Rio Piedras, PR. U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Southern Forest Experiment Station, Institute of Tropical Forestry. 5 p.
2321. Parrotta, J.A. 1992a. *Gliricidia sepium* (Jacq.) Walp. Gliricidia, mother of cocoa. Publication SO-ITF-SM-50. Rio Piedras, PR: U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Southern Forest Experiment Station, Institute of Tropical Forestry. 7 p.
2322. Parrotta, J.A. 1992b. *Leucaena leucocephala* (Lam.) de Wit. Leucaena, tantan. Publication SO-ITF-SM-52. Rio Piedras, PR: U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Southern Forest Experiment Station, Institute of Tropical Forestry. 8 p.
2323. Parrotta, J.A. 1993. *Casuarina equisetifolia*. Casuarina, Australian pine. Publication SO-ITF-SM-56. Rio Piedras, PR: U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Southern Forest Experiment Station, Institute of Tropical Forestry. 11 p.
2324. Parrotta, J.A.; Chaturvedi, A.N. 1994. *Azadirachta indica* A. Juss. Neem margosa. Publication SO-ITF-SM-70. Rio Piedras, PR: U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Southern Forest Experiment Station, Institute of Tropical Forestry. 8 p.
2325. Parrotta, J.A.; Francis, J.K. 1990. *Senna siamea* Irwin and Barnaby. Yellow cassia, minjri. Publication SO-ITF-SM-33. Rio Piedras, PR: U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Southern Forest Experiment Station, Institute of Tropical Forestry. 7 p.
2326. Parry, M.S. 1954a. Tree planting in Tanganyika. 2. Species for the highlands. East African Agricultural Journal. 19(2): 89-102.
2327. Parry, M.S. 1954b. Tree planting in Tanganyika. 3. Species for dry areas. East African Agricultural Journal. 19(3): 154-160.
2328. Parry, M.S. 1954c. Tree planting in Tanganyika. 4. Species for coastal areas. East African Agricultural Journal. 20(1): 49-53.
2329. Parry, M.S. 1956. Tree planting practices in tropical Africa. Forestry Development Pap. 8. Rome, Italy: Food and Agriculture Organization of the United Nations. 306 p.
2330. Parry, M.S. 1957. Progress with hardwood replacement in Tanganyika. En: Proceedings, 7th British Commonwealth forestry conference; 1957 August 26-October 10; Australia and New Zealand. Dar-es-Salaam, Tanganyika: Government Printer; 2: 12.
2331. Parry, M.S.; Willan, R.L. 1957. Tanganyika: exotic forest trees in the British Commonwealth. En: Papers, 7th British Commonwealth forestry conference; 1957 August 26-October 10; Australia and New Zealand. Dar-es-Salaam, Tanganyika: Government Printer. 28 p.
2332. Parsons, T.H. 1943. Progress of balsa cultivation in Ceylon. Tropical Agriculturist. 99(4): 214-217.
2333. Parsons, T.H. 1944. Further notes on balsa experiments at the Royal Botanic Gardens, Peradeniya. Tropical Agriculturist. 100(4): 243-247.
2334. Parsons, T.H. 1945. Balsa as a commercial crop. Tropical Agriculturist. 101(3): 120-126.
2335. Paterson, D.B. 1958. A study in stand structure and management of irregular forests. Bull. 5. Edinburgh, UK: University of Edinburgh, Forestry Department. 53 p.
2336. Paterson, D.N. 1966. Crude estimates of genetic gains from plus trees selected in the east African tree breeding programme. Tech. Note 18. Nairobi, Kenya: East African Agriculture and Forestry Research Organization. 14 p.
2337. Paterson, D.N. 1967a. The grading of plus phenotypes, its significance in silviculture and volume yields in east Africa. Tech. Note 21. Nairobi, Kenya: East African Agriculture and Forestry Research Organization. 17 p.
2338. Paterson, D.N. 1967b. Volume and value yields from east African exotic softwood crops in highland sites and a fresh approach to east African silviculture. Tech. Note 19. Nairobi, Kenya: East African Agriculture and Forestry Research Organization. 25 p.
2339. Paterson, D.N. 1967c. Volume tables to normal sawtimber merchantable limits for three important east African exotic softwoods. Tech. Note 20. Nairobi, Kenya: East African Agriculture and Forestry Research Organization. 8 p.
2340. Paterson, D.N. 1969. Genetic gains predicted for seeds to be produced from Malawian tree seed orchards. Res. Record 32. Lilongwe, Malawi: Forest Research Institute. 7 p.
2341. Paterson, S.S. 1956. The forest area of the world and its potential productivity. Goteborg, Sweden: Royal University of Goteborg, Department of Forestry. 216 p.
2342. Pathak, P.S.; Gupta, S.K.; Roy, R.D. 1981. Production of aerial biomass in *Leucaena leucocephala* (Lam.) de Wit. Indian Forester. 107(7): 416-419.
2343. Patino, Valera. 1976. La investigación en mejoramiento genético de árboles forestales. Ciencia Forestal. 1(4): 3-16.
2344. Patrick, J.H.; Smith, D.W. 1975. Forest management and nutrient cycling in eastern hardwoods. Res. Pap. NE-324. Upper Darby, PA: U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Northeastern Forest Experiment Station. 12 p.
2345. Paul, D.K. 1972. A handbook of nursery practice for *Pinus caribaea* var. *hondurensis* and other conifers in west Malaysia. FO:SF/MALIZ Working Pap. 19. Rome, Italy: Food and Agriculture Organization of the United Nations. 139 p.
2346. Paul, I. 1953. Notes on regeneration and nursery practice which may have some application in Sierra Leone. Special Subject. Oxford, UK: University of Oxford, Department of Forestry, Commonwealth Forestry Institute. 32 p.

2347. Payne, W.J.A. 1974. The role of domestic livestock in the humid tropics. En: The use of ecological guidelines for development in the American humid Tropics. Publication 31. Morges, Switzerland: International Union for the Conservation of Nature and Natural Resources: 143-156.
2348. Peace, T.R. 1957. Approach and perspective in forest pathology. *Forestry*. 30: 47-56.
2349. Peace, T.R. 1961. The dangerous concept of the natural forest. *Empire Forestry Review*. 40(4): 320-328.
2350. Pearson, C.S. 1985. Down to business: multinational corporations, the environment, and development. Washington, DC: World Resources Institute Study 2. 107 p.
2351. Peck, J.B. 1983. Timber management plans designed for Amazon region. *World Wood*. 24(2): 37-39.
2352. Peck, R.B. 1976a. Selección preliminar de especies aptas para el establecimiento de bosques artificiales en tierra firme del litoral pacífico de Colombia. *Boletín del Instituto Forestal Latino Americano de Investigación y Capacitación*. 50: 29-39.
2353. Peck, R.B. 1976b. Sistemas agro-silvo-pastoriles como una alternativa para la reforestación en los trópicos americanos. 2. Seminario nacional de plantaciones forestales. Merida, Venezuela: Departamento Forestal. 13 p.
2354. Pedroso, L.M.; Pereira, A.P. 1971a. Informaciones preliminares sobre a adaptação de *Pinus caribaea* var. *hondurensis* Mor. Belem, Brazil: Superintendência de Desenvolvimento de Amazônia. 35 p.
2355. Pedroso, L.M.; Pereira, A.P. 1971b. Preliminary information on the silviculture of 38 forest species in the Curua-Una Experiment Station. Belem, Brazil: Superintendência de Desenvolvimento de Amazônia. 42 p.
2356. Peet, R.K. 1974. The measurement of species diversity. *Annual Review of Ecology and Systematics*. 5: 285-307.
2357. Pelzer, K.J. 1958. Land utilization in the humid Tropics: agriculture. En: Proceedings, 9th Pacific science congress; 1957 November 18-December 9; Bangkok, Thailand. Bangkok, Thailand: Chulalongkorn University, Department of Science: 124-142.
2358. Pendleton, R.L. 1933. Cogonals and reforestation with *Leucaena glauca*. *Lignan Scientific Journal*. 12(4): 555-560.
2359. Pendleton, R.L. 1934. Philippine experience with reforesting with ipil-ipil (*Leucaena glauca*) and application to conditions in Kwantung Province. *Lignan Science Journal*. 13: 211-224.
2360. Penfold, A.R.; Willis, J.L. 1961. The eucalypts. New York, NY: Interscience Publishers. 551 p.
2361. Perala, D.A. 1979. Regeneration and productivity of aspen grown on repeated short rotations. Res. Pap. NC-176. St. Paul: MN: U.S. Department of Agriculture, Forest Service, North Central Forest Experiment Station. 7 p.
2362. Pereira, A.P.; Pedroso, L.M. 1972. Experimentos de silvicultura tropical. Belem, Brazil: Superintendencia de Desenvolvimento da Amazonia. 82 p.
2363. Pereira, C. 1981. Land-use management on tropical watersheds. En: Lal, R.; Russell, E.W., editores. *Tropical agricultural hydrology*. Chichester, UK: John Wiley and Sons: 3-10.
2364. Pereira, H.C. 1967. Afforestation and streamflow in tropical highlands. *Commonwealth Forestry Review*. 47(4): 323-327.
2365. Perera, W.R.H. 1961. Teak seed orchards. Stage 1--plus trees and perfection of bud-grafting technique. *Ceylon Forester*. 5(1/2): 6-16.
2366. Perez, J.W. 1970. Relation of crown diameter to stem diameter in forests of Puerto Rico, Dominica and Thailand. En: Odum, H.T.; Pigeon, R.F., editores. *A tropical rain forest: a study of irradiation and ecology at El Verde, Puerto Rico*. Oak Ridge, TN: U.S. Atomic Energy Commission: B-105 to B-122.
2367. Perhutani, P. 1989. Sustained-yield forest management in Indonesia. Jakarta, Indonesia: 22 p.
2368. Perry, J.P. Jr. 1991. The pines of Mexico and Central America. Portland, OR. Timber Press, 231 p.
2369. Persson, A. 1971. Observations from a provenance trial of *Tectona grandis* Linn. at Tanguza, Tanga region (Tanzania). *Silvicultural Res. Note* 22. Dar-es-Salaam, Tanganyika: Forest Department. 13 p.
2370. Persson, R. 1974. World forest resources. Res. Note 17. Stockholm, Sweden: Royal College of Forestry, Department of Forest Survey. 263 p.
2371. Petrak, J. 1959. Regeneración natural y artificial del quebracho colorado (*Schinopsis balansae* Engl.) Folleto Técnico Forestal 3. Buenos Aires, Argentina: Administración Nacional de Bosques. 19 p.
2372. Petrov, I. 1971. *Pinus caribaea* plantations in French Guiana. *Revue Forestière Française*. 23(5): 530-535.
2373. Peyton, J.S.; Peters, J.G. 1912. Forest timber and tree laws in general of Porto Rico [sic]. Washington, DC: U.S. Department of Agriculture, Forest Service. [Páginas desconocidas].
2374. Philip, M.S. 1961. *Maesopsis* plantations in Kakamega Forest, Kenya. Tech. Note 90(61). Entebbe, Uganda: Forest Department. 3 p.
2375. Philip, M.S. 1962. The management of tropical high forest with special reference to the introduction of mono-cyclic felling in Uganda. Entebbe, Uganda: Government Printer. 14 p.
2376. Philip, M.S. 1964. Silvicultural research plan. Entebbe, Uganda: Forest Department. 128 p.
2377. Philip, M.S. 1975. Gum arabic and *Acacia senegal*. Information Bull. 29. Lagos, Nigeria: Forest Department. 12 p.
2378. Philip, M.S. 1983. Measuring trees and forests. Aberdeen, UK: University Press. 360 p.
2379. Philippis, A. de. 1966. Research on the relationship between *Eucalyptus* stands and the soil. Munich, West

- Germany: International Union of Forestry Research Organizations. 36 p.
2380. Phillips, J. 1961. The development of agriculture and forestry in the Tropics. London, UK: Faber and Faber. 212 p.
2381. Phillips, J. 1972. Problems in the use of chemical fertilizers. En: Farver, M.T.; Milton, J.P., editores. The careless technology. Garden City, NY: The Natural History Press: 549-566.
2382. Pickford, G.D.; Le Barron, R.K. 1960. A study of forest plantations for timber production on the island of Hawaii. Tech. Pap. 52. Berkeley, CA: U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Pacific Southwest Forest and Range Experiment Station. 17 p.
2383. Pickles, A. 1958. Methods employed in west Africa for the destruction of redundant forest trees. Empire Forestry Review. 37(4): 421-428.
2384. Pierlot, R. 1952. *Eucalyptus* et reboisement au kivu. En: Proceedings, 1re conférence forestière interafricaine; 1951. Abidjan, Côte d'Ivoire: [Lugar de publicación/ editorial desconocidos]. 413-426.
2385. Pierlot, R. 1958. Rapport sur les essences exotiques de boisement cultivées au Congo Belge et au Ruanda-Urundi. En: Proceedings, 2e conférence forestière interafricaine; 1958, July 3-11. Pointe Noire, Congo: Brussels, Belgium, Ministry of Foreign Affairs. 407-465.
2386. Pimentel, D.; Chick, S.; Vergara, W. 1981. Energy from forests: environmental and wildlife implications. Interciencia. 6(5): 329-335.
2387. Pimentel Bribiesca, L.; García Moya, E. 1979. Determinación del volumen óptimo en bosques de *Abies religiosa* (H.B.K.). Schlendental et Chamisso. Agrociencia. 37: 77-94.
2388. Pinheiro, J.V. 1961. Silviculture, rotation and production in eucalypt stands. Anuario Brasileiro de Economia Florestal. 13(13): 325-329.
2389. Piolant, J. d'Aviau de. 1952. Rapport de la Côte d'Ivoire. En: Proceedings, 1re conférence forestière interafricaine; 1951. Abidjan, Côte d'Ivoire: [Lugar de publicación/ editorial desconocidos]. 163-186.
2390. Pires, C.L. da Silva. 1979. Seleção de árvores superiores. Publicação IF 20. São Paulo, Brazil: Instituto Florestal. 12 p.
2391. Pires, C.L. da Silva; Castro, C.F. de A.; Fontes, M.A. [y otros]. 1979. Planejamento do estudo da variação genética de procedências: *Pinus pseudostrobus* Lindl. Publicação IF 21. São Paulo, Brazil: Instituto Florestal. 18 p.
2392. Pires, J.M. 1974. Tipos de vegetação da Amazônia. Brasil Florestal. 5(17): 48-58.
- 2392a. Pires, J.M.; Dobzhansky, T.; Black, G.A. 1953. An estimate of the number of species of trees in an Amazonian forest community. Botanical Gazette. 114(4): 467-477.
2393. Pitcher, J.A. 1976. A tree improvement program for Amazonia. FO:DP/BRA/71/545 FAO 1, Tech. Rep. 3. Brasília, Brazil: Brazilian Institute for Forestry Development. 44 p.
2394. Pitt, C.J.W. 1961a. Amazon forests: possible methods of regeneration and improvement. Unasylva. 15(2): 62-69.
2395. Pitt, C.J.W. 1961b. Application of silvicultural methods to some of the forests of the Amazon. FAO Expanded Tech. Assistance Program Rep. 1337. Rome, Italy: Food and Agriculture Organization of the United Nations. 139 p.
2396. Pitt, C.J.W. 1961c. Possible methods of regenerating and improving some of the Amazon forests. Caribbean Forester. 22(1/2): 26-32.
2397. Pitt, C.J.W. 1966. Fast-growing tropical trees for plantations. Commonwealth Forestry Review. 45(1): 80-82.
2398. Plath, C.V. 1969. El desarrollo del potencial agrícola en los trópicos húmedos de la América Central. Turrialba. 19(1): 21-29.
2399. Plath, C.V.; van der Steenis, A. 1968. Uso potencial de la tierra, parte 7. Istmo centroamericano. Rep. AT-2234. Rome, Italy: Food and Agriculture Organization of the United Nations. 30 p.
2400. Plumptre, R.A. 1984. *Pinus caribaea*, vol. 2: wood properties. Oxford, UK: University of Oxford: Commonwealth Forestry Institute: Unit of Tropical Silviculture. 148 p.
2401. Plumptre, R.A.; Earl, D.E. 1986. Integrating small industries with management of tropical forest. Journal of World Forest Resources Management. 2: 43-55.
2402. Pollard, J.F. 1969. A note on nursery treatment of two species in Sabah. Malayan Forester. 32(3): 269-271.
2403. Poole, A.L. 1968. Relative productivity and economic returns of natural and man made forests. En: Papers, 9th British Commonwealth forestry conference; 1968 January 3-27; New Delhi, India. [Lugar de publicación/ editorial desconocidos]. 9 p.
2404. Pooriah, P.M. 1957. A brief note on the Andaman forests and the problem of thinnings in regenerated areas and regulation of mixtures in the mixed deciduous crop. Indian Forester. 83(8): 500-504.
2405. Poore, D. 1983. Deforestation and the population factor. Parks. 8(2): 11-12.
2406. Poore, D.; Sayer, J. 1987. The management of tropical moist forest lands, ecological guidelines. Cambridge, UK: IUCN Publications Service. 63 p.
2407. Poore, M.E.D. 1964. Integration in the plant community. Journal of Ecology (supplement). 52: 213-226.
2408. Poore, M.E.D. 1968. Studies in Malaysian rain forest. 1. The forest on Triassic sediments in Jengka Forest Reserve. Journal of Ecology. 56: 143-196.
2409. Poore, M.E.D. 1976a. Ecological guidelines for development in tropical rain forests. Morges, Switzerland: International Union for the Conservation of Nature and Natural Resources. 39 p.

2410. Poore, M.E.D. 1976b. The values of tropical moist forest ecosystems and the environmental consequences of their removal. *Unasylva*. 28(112-113): 127-146.
2411. Poore, M.E.D.; Burgess, P.; Palmer, J. [y otros]. 1989. No timber without trees. London, UK: Earthscan Publications Ltd. 252 p.
2412. Poore, M.E.D.; Fries, C. 1985. FAO Forestry Pap. 59. The effects of *Eucalyptus*. Rome, Italy: Food and Agriculture Organization of the United Nations. 87 p.
2413. Popenoe, H. 1960. Effects of shifting cultivation on natural soil constituents in Central America. Dissertation Abstracts. 20(12): 4473-4474.
2414. Popenoe, W. 1941. *Cupressus benthami*: a neglected opportunity. *Tropical Woods*. 65: 1-4.
2415. Porterfield, R.L.; Zobel, B.J.; Ledig, F.T. 1975. Evaluating the efficiency of tree improvement programs. *Silvae Genetica*. 24(2/3): 33-44.
2416. Portig, W.H. 1976. The climate of Central America. En: Schwerdtfeger, W., editor. *Climates of Central and South America*. World survey of climatology. Amsterdam, Netherlands: Elsevier Scientific Publishing Company: 405-578.
2417. Posey, D.A. 1982. The keepers of the forest. *Garden*. 6(1): 18-24.
2418. Potma, H.L.; Kengen, S.; Alpande, M.R.A. 1976. Uma análise estadística da atual situação florestal Brasileira IBDF/FAO. Brasília, Brazil: Ministerio de Agricultura. 72 p.
2419. Potter, G.L.; Ellsaesser, H.W.; Mac Cracken, M.C. [y otros]. 1975. Possible climatic impact of tropical deforestation. *Nature*. 258: 697-698.
2420. Poulsen, G. 1978. Man and tree in tropical Africa: three essays on the role of trees in the African environment. Ottawa, Canada: International Development Research Centre. 31 p.
2421. Pound, B.; Martinez-Cairo, L. 1983. *Leucaena*--its cultivation and uses. London, UK: Overseas Development Administration. 287 p.
2422. Poynton, R.J. 1981. The silvicultural treatment of eucalypt plantations in Southern Africa. *South African Forestry Journal*. 116: 11-16.
2423. Poyry, J. 1987. Fast-growing plantations impact on the international market pulp, linerboard and woodfree paper business. Helsinki, Finland: Jaakko Poyry Oy. 170 p.
2424. Prachin Suksileung, Lert Chuntana Parb. 1975. Clonal variation and inheritance in growth characteristics of teak. *Kasetsart Journal; Plant Breeding Abstracts*. 2(1): 47: 1-11.
2425. Prance, G.T. 1978. The origin and evolution of the Amazon flora. *Interciencia*. 3(4): 207-222.
2426. Prance, G.T. 1980. A terminologia dos tipos de florestas amazônicas sujeitas a inundação. *Acta Amazonica*. 10(3): 495-504.
2427. Prance, G.T. 1982. The Amazon: Earth's most dazzling forest. *Garden*. 6(1): 2-10.
2428. Prance, G.T.; Rodrigues, W.A.; da Silva, M.F. 1976. Inventário florestal de um hectare de mata de terra firme km 30 da estrada Manaus-Itacoatiara. *Acta Amazonica*. 6(1): 9-35.
2429. Prasad, J. 1944a. The role of experimental research in the natural regeneration of Indian tree species by seed. *Indian Forester*. 70(5): 142-147.
2430. Prasad, J. 1944b. The silviculture of *Cassia siamea*. *Indian Forester*. 70(1): 5-11.
2431. Prasad, J. 1948. Silviculture of ten species of bamboo suitable for paper manufacture. *Indian Forester*. 74(3): 122-130.
2432. Prasada, R. 1965. Afforestation and soil conservation in South Bihar. *Indian Forester*. 91(1): 33-40.
2433. Prince, A.J. 1973. The rate of growth of greenheart (*Ocotea rodiaei*) Schomb. *Commonwealth Forestry Review*. 52(2): 143-146.
2434. Pring, N.G. 1937. Thinning practice in coniferous forests. *Indian Forester*. 63(5): 296-311.
2435. Pringle, A.N. 1950. The Enugu pitwood plantations, Nigeria. *Empire Forestry Review*. 29(3): 238-243.
2436. Pringle, S.L. 1976. Tropical moist forests in world demand, supply, and trade. *Unasylva*. 28(112/113): 106-118.
2437. Pritchett, W.L.; Llewellyn, W.R. 1966. Response of slash pine to phosphorus in sandy soils. *Proceedings Soil Science Society of America*. 30(4): 509-512.
2438. Procter, J. 1968a. A review of nursery practice and research in Tanzania. En: *Proceedings, FAO world symposium on man-made forests and their industrial importance, 1967 April 14-24; Canberra, Australia*. Rome, Italy: Food and Agriculture Organization of the United Nations; 3: 1555-1567.
2439. Procter, J. 1968b. Tree growth in trial plots on the Rondo Plateau. *Silvicultural Res. Note 5*. Lushoto, Tanzania: Forestry Division, Silvicultural Section. 6 p.
2440. Proctor, J. 1983. Tropical forest litterfall. 1. Problems of data comparison. En: Sutton, S.L.; Whitmore, T.C.; Chadwick, A.C., editores. *Tropical rain forest: ecology and management*. Oxford, UK: Blackwell Scientific Publications: 267-273.
2441. Proctor, J.; Woodell, S.R.J. 1975. The ecology of serpentine soils. *Advances in Ecological Research*. 9: 255-366.
2442. Pryor, L.D. 1956. *Eucalyptus* genetics. En: *Proceedings, world Eucalyptus conference; 1956 October 17-30; Rome, Italy*. Rome, Italy: Food and Agriculture Organization of the United Nations: 110-115.
2443. Pryor, L.D. 1966. A report on past performance and some current aspects of the cultivation of quick growing species (mainly *Eucalyptus*) in India. *Indian Forester*. 92(10): 615-622.
2444. Pryor, L.D. 1967. Past performance and future prospects for the use of *Eucalyptus* in West Pakistan. Project Rep. 1. Peshawar, Pakistan: Natural Forest Research Training Project. 19 p.

2445. Pryor, L.D. 1968a. *Eucalyptus* in plantations present and future. En: Proceedings, FAO world symposium on man-made forests and their industrial importance; 1967 April 14-24; Canberra, Australia. Rome, Italy: Food and Agriculture Organization of the United Nations; 2: 993-1008.
2446. Pryor, L.D. 1968b. *Eucalyptus* in West Pakistan. Pakistan Journal of Forestry. 18(1): 45-56.
2447. Pryor, L.D. 1972a. Development of forests and forest industries, Fiji. *Eucalyptus* in Fiji. A review of past performance and future prospects. FAO Report FO:SF/FIJ 2. Rome, Italy: Food and Agriculture Organization of the United Nations. 17 p.
2448. Pryor, L.D. 1972b. The selection of eucalypts for regeneration. Appita. 26(1): 35-38.
2449. Pryor, L.D. 1978. Reproductive habits of the eucalypts. Unasylva. 30(119/120): 42-46.
2450. Pudden, H.H.C. 1952. Occlusion of pruned *Cupressus lusitanica* - interim report on registered experiment 61. Tech. Note 2. Nairobi, Kenya: Forest Department. 3 p.
2451. Pudden, H.H.C. 1955. The pruning and early thinning of exotic softwoods in Kenya. Pamphlet 13. Nairobi, Kenya: Forest Department. 15 p.
2452. Pudden, H.H.C. 1957a. Exotic forest trees in the Kenya highlands. En: Papers, 7th British Commonwealth forestry conference; 1957 August 26-October 10; Australia and New Zealand. Nairobi, Kenya: Forest Department. 38 p.
2453. Pudden, H.H.C. 1957b. A problem in pruning in Kenya. En: Papers, 7th British Commonwealth forestry conference; 1957 August 26-October 10; Australia and New Zealand. Nairobi, Kenya: Forest Department; 10 p.
2454. Pudden, H.H.C. 1957c. Pruning (of *Cupressus lusitanica*). En: Rep. 1954/55. Nairobi, Kenya: Forest Department: 16-17.
2455. Pudden, H.H.C. 1959. Report on silvicultural research for the year 1958. En: Annual Rep. 1958. Nairobi, Kenya: Forest Department: 11-15.
2456. Puri, G.S. 1960. Indian forest ecology. London, UK: George Allen and Unwin. [Páginas desconocidas].
2457. Purseglove, J.W. 1968. Tropical crops: dicotyledons. London, UK: Longmans. 719 p.
2458. Quadri, S.M.A. 1968. The selection of Australian species for afforestation in West Pakistan: a rational approach. Islamabad, West Pakistan: Government of West Pakistan, Department of Agriculture. 144 p.
2459. Quadri, S.M.A. 1971. Nursery technique for eucalypts. Pakistan Journal of Forestry. 21(2): 133-152.
2460. Quevedo, M.A. de. 1945. La estación forestal del puerto de Veracruz y sus Enseñanzas. Mexico Forestal. 23(6/9): 43-50.
2461. Quevedo, M.A. de. 1976. La influencia de los bosques en la precipitación pluvial. Su aplicación al territorio Mexicano. Mexico Forestal. 50(4): 3-12.
2462. Quimbo, T.A. 1980. African oil palm for agroforestry. Canopy International. 6(4): 5.
2463. Qureshi, A.H.; Hamilton, L.S.; Mueller-Dombois, D. [y otros]. 1980. Assessing tropical forest lands: their suitability for sustainable uses. Report of the Conference on Forest Land Assessment and Management for Sustainable Uses. 1979 June 19-28; Honolulu, HI. Honolulu, HI: East-West Center. 69 p.
2464. Qureshi, I.M. 1968a. The concept of fast growth in forestry and the place of indigenous fast growing broad-leaved species. Indian Forester. 94(1): 51-56.
2465. Qureshi, I.M. 1968b. Facilities for forest research. En: Papers, 9th British Commonwealth forestry conference; 1968 January 3-27; New Delhi, India. [Lugar de publicación/editorial desconocidos]. 18 p.
2466. Qureshi, I.M.; Yadav, J.S.P. 1967. Use of fertilizers and manures in forestry. Indian Forester. 93(12): 777-794.
2467. Radwanski, S.A. 1969. Improvement of red acid sands by the neem tree (*Azadirachta indica*) in Sokoto, North-western State of Nigeria. Journal of Applied Ecology. 6(3): 507-511.
2468. Raets, G.H. 1963. Notas técnicas sobre mejoramiento de bosques en Trinidad y Surinam. Boletín del Instituto Forestal Latino Americano de Investigación y Capacitación. 12: 31-36.
2469. Raets, G.H. 1965. Informe preliminar acerca del cultivo de *Tectona grandis* L. en la estación de Barinitas, Venezuela. Boletín del Instituto Forestal Latino Americano de Investigación y Capacitación. 18: 29-40.
2470. Raghavan, M.S. 1947. *Casuarina* plantation technique in the Madras Province. Indian Forester. 73(6): 241-260.
2471. Raghavan, M.S. 1960a. Genesis and history of the kumri system of cultivation. En: Proceedings, 9th silvicultural conference; 1956 December 7-19; Dehra Dun, India. Dehra Dun, India: Forest Research Institute; 2: 104-107.
2472. Raghavan, M.S. 1960b. Podder, or shifting cultivation. En: Proceedings, 9th silvicultural conference; 1956 December 7-19; Dehra Dun, India. Dehra Dun, India: Forest Research Institute; 2: 94-98.
2473. Rahman, A.; Chowdhury, N.A.R.; Chowdhury, M.H. y otros, 1982. Forest statistics. Bangladesh Forest Research Institute Bull. 1. Bangladesh Forest Research Institute. 115 p.
2474. Rai, S.N. 1976. Pretreatment of *Acrocarpus fraxinifolius* seeds. Indian Forester. 102(8): 488-491.
2475. Rai, S.N. 1981. Rate of growth of some evergreen species. Indian Forester. 107(8): 513-518.
2476. Raintree, J.R. 1984. Agroforestry pathways. Unasylva. 38: 1-15.
2477. Raizada, M.B. 1944. The longevity of plants. Indian Forester. 70(7): 207-210.
2478. Rajasingh, G.J. 1968. Evolution of dry zone afforestation in Madras State. Indian Forester. 90(2): 147-153.
2479. Rajkhowa, S. 1960. Assam valley semi-evergreen forests and their regeneration. En: Proceedings, All India tropical moist evergreen forest study tour and symposium; 1960, Dehra Dun, India: Dehra Dun, India, Forest Research Institute: 209-222.

2480. Rajkhowa, S. 1965. Studies in mutual competition amongst forest seedlings. *Indian Forester*. 91(11): 767-777.
2481. Raman, S.S. 1975. Primary production and nutrient cycling in tropical deciduous forest ecosystems. *Tropical Ecology*. 16: 140-146.
2482. Raman, S.S. 1976. Biological productivity of *Shorea* plantations. *Indian Forester*. 102(3): 174-184.
2483. Ramdeo, K.D. 1971. Studies on seed coat dormancy in *Leucaena glauca* Benth. *Japanese Journal of Ecology*. 21(1/2): 14-17.
2484. Ramli Mansor, M.; Ong Kah Bor. 1972. Taungya in Negri Sembilan. *Malayan Forester*. 35(4): 309-316.
2485. Ramos, F. 1866. Prontuario de disposiciones del gobierno superior de la isla de Puerto Rico. San Juan, Puerto Rico: Imprenta J. Gonzalez Font. 531 p.
2486. Ramos de Freitas, A.; Kauman, W.G.; Youngs, R.L. 1987. Action program for improved utilization of the timber resources of South America. International Union of Forest Research Organizations. 160 p.
2487. Rance, H.F. 1976. Aracruz: the shape of things to come. *Pulp and Paper of Canada*. 77(3): 20-25.
2488. Randhawa, M.S. 1946. Planting trees in villages. *Indian Farming*. 199: 205.
2489. Ranganathan, C.R. 1951. Selection of silvicultural techniques. En: Proceedings, United Nations scientific conference on the conservation and utilization of resources; Lake Success NY. Lake Success, NY: United Nations; 5: 95-100.
2490. Ranganathan, G.S.; Ghatnekar, S.D. 1984. Integrated agroforestry. A commercial venture by Ion Exchange (India) Ltd. En: Egneus, H.; Ellegard, A., editores. Biomass resources. Bioenergy 84. Proceedings of conference; 15-24 June 1984; Goteborg, Sweden. Vol. 2. Barking, UK: Elsevier Applied Science Publishers: 94-99.
2491. Rao, H.S. 1953. Vegetative propagation and forest tree improvement. *Indian Forester*. 79(3): 176-183.
2492. Rao, S.R. 1951. Tree planting on the Hagari bank to check sand drift. En: Proceedings, 7th silvicultural conference; 1946. Dehra Dun, India: Dehra Dun, India, Forest Research Institute: 124-127.
2493. Rao, V.S. 1960. Silvicultural trends. En: Proceedings, 9th silvicultural conference; 1956 December 7-19; Dehra Dun, India. Dehra Dun, India: Forest Research Institute; 2: 122-124.
2494. Rao, Y.R.A. 1961. Shade trees for coffee. 2. *Grevillea robusta* A. Cunn. *Indian Coffee*. 25(11): 329-332.
2495. Rao, Y.R.A. 1968. View it as an investment. *Indian Forester*. 94(5): 383-388.
2496. Rao, Y.S.; Hoskins, M.W.; Vergara, N.T. y otros, editores. 1988. Community forestry, lessons from case studies in the Asia and Pacific region. Bangkok, Thailand: FAO Regional Office for Asia and the Pacific. 248 p.
2497. Rappard, F.W. 1951. Korte antekeningen over de cultuur van *Eucalyptus deglupta*. *Tectona*. 41(1): 63-65.
2498. Ratisbona, L.R. 1976. The climate of Brazil. En: Schwerdtfeger, W., editor. Climates of Central and South America. World survey of climatology. Amsterdam, Netherlands: Elsevier Scientific Publishing Company; 12: 219-294.
2499. Rawitscher, F. 1950. O problema das savanas brasileiras e das savanas em geral. *Anuario Brasileiro de Economia Florestal*. 3(3): 32-38.
2500. Ray, B.; Agarwala, S.B.D.; Fredrickson, C.J. 1975. Control of perennial grasses in forest lands with application of herbicides. *Indian Forester*. 101(9): 533-538.
2501. Ray, M.P. 1971. Plantations of *Casuarina equisetifolia* in the Mindapore District, West Bengal. *Indian Forester*. 97(8): 443-457.
2502. Raynor, E.W. 1941. Artificial regeneration in dry forest types. En: Proceedings, 5th silvicultural conference; 1939; Dehra Dun, India: Dehra Dun, India, Forest Research Institute: 439-443.
2503. Rebugio, L.L. 1976. Shifting cultivation: some implications for sociocultural change. *Philippine Forest Research Journal*. 1(1): 73-80.
2504. Record, S.J.; Hess, R.W. 1943. Timbers of the new world. New Haven, CT: Yale University Press. 640 p.
2505. Redhead, J.F. 1960a. An analysis of logging damage in lowland rain forest, western Nigeria. En: Nigerian Forestry Information Bulletin (New Series) No. 10. 5-16.
2506. Redhead, J.F. 1960b. Taungya planting. *Bull.* 4-7. Lagos, Nigeria: Forest Department.
2507. Rehm, S. 1973. Agricultural productivity in tropical countries with high rainfall. *Plant Research and Development*. 2: 7-16.
2508. Rehm, S. 1981. Land use systems--alternatives and criteria for selection. *Plant Research and Development*. 13: 7-15.
2509. Reichel-Dolmatoff, G. 1977. Cosmology as ecological analysis: a view from the rain forest. *Ecologist*. 7(10): 4-11.
2510. Reilly, J.J. 1974. Geographic variations of hoop pine. *Res. Pap.* 4. Brisbane, Australia: Queensland Department of Forestry. 34 p.
2511. Reis, R.S.; Hodges, C.S. 1976. Status of forest diseases and insects in Latin America. *Field Document* 12. Brasilia, Brazil: Food and Agriculture Organization of the United Nations. 10 p.
2512. Rendle, B.J.; Phillips, E.W.J. 1957. The effect of rate of growth (ring-width) on the density of softwoods. En: Papers, 7th British Commonwealth forestry conference; 1957. Australia and New Zealand. Oxford, UK: University of Oxford, Department of Forestry, Commonwealth Forestry Institute. 8 p.
2513. Rennie, I. 1974. The establishment of *Pinus caribaea* (var. *hondurensis*) in Fiji--aims and techniques. *New Zealand Journal of Forestry*. 19(1): 57-66.
2514. Rennie, P.J. 1962. Some longterm effects of tree growth on soil productivity. *Empire Forestry Review*. 41: 209-213.

2515. Revell, D.H. 1982. Establishing eucalypts. What's new in forest research. Leaflet 107. Rotorua, New Zealand: New Zealand Forest Research Institute. 4 p.
2516. Revelle, R. 1981. Energy use in rural India. *Indian Forester*. 107(12): 744-757.
2517. Revilla, A.V.; Bonita, M.L.; Dimapilis, L.S. 1976. A yield prediction model for natural benguet pine stands. *Philippine Forest Research Journal*. 1: 116-127.
2518. Reynnders, M. 1963. A study of eucalypts in Ruanda Urundi. Publication 69. Brazzaville, Congo: Institut National pour l'Etude Agronomique du Congo. 98 p.
2519. Reynnders, M.I. 1965. Depth of planting trial with *Azaderachta indica* stumps. Pamphlet 8. Khartoum, Sudan: Forestry Department. Forestry Education Project. 9 p.
2520. Reynel, C.; Morales, C.F. 1987. Agroforesteria tradicional en los Andes del Peru. Lima, Peru.: Proyecto FAO/ Holanda/INFOR. 154 p.
2521. Reynolds, S.G.; Lubres, A.J. 1971. Nursery fertilization of Sydney blue gum in Western Samoa. *Australian Forestry*. 35(1): 27-35.
2522. Richards, B.N. 1961. Underplanting of exotic pines with native conifers. Res. Note 16. Brisbane, Australia: Queensland Department of Forestry. 18 p.
2523. Richards, B.N. 1962. Increased supply of soil nitrogen brought about by *Pinus*. *Ecology*. 43(3): 538-541.
2524. Richards, B.N. 1964. Fixation of atmospheric nitrogen in coniferous forests. *Australian Forestry*. 28: 68-74.
2525. Richards, B.N. 1967. Introduction of the rain forest species *Araucaria cunninghamii*. Ait to a dry sclerophyll forest environment. *Plant and Soil*. 27(2): 201-216.
2526. Richards, B.N. 1987. The microbiology of terrestrial ecosystems. New York, NY: John Wiley. 399 p.
2527. Richards, B.N.; Bevege, D.I. 1967a. Effect of cultivating and fertilizing on potential yield of pulpwood from loblolly pine. *Australian Forestry*. 31(3): 202-210.
2528. Richards, B.N.; Bevege, D.I. 1967b. The productivity and nitrogen economy of artificial ecosystems comprising various combinations of perennial legumes and coniferous tree species. *Australian Journal of Botany*. 15(30): 467-480.
2529. Richards, B.N.; Voigt, G.K. 1965. Nitrogen accretion in coniferous forest ecosystems. En: Youngberg, C.T., editor. *Forest-soils relationships in North America*. Corvallis, OR: Oregon State University Press: 105-116.
2530. Richards, P.W. 1952. The tropical rain forest, an ecological study. Cambridge, MA: University Press. 450 p.
2531. Richards, P.W. 1953. What the Tropics can contribute to ecology. *Journal of Ecology*. 51: 231-241.
2532. Richards, P.W. 1955. The secondary succession in the primary rain forest. *Science Progress*. 43: 231-241.
2533. Richards, P.W. 1957. Ecological notes on west African vegetation. 1. Plant communities of the Idaure Hills. *Nigeria Journal of Ecology*. 45(2): 563-577.
2534. Richards, P.W. 1961. The types of vegetation of the humid Tropics in relation to soil. En: *Proceedings, Abidjan symposium on tropical soils and vegetation*. 1959. Abidjan, Ivory Coast: Paris, France: United Nations Educational, Scientific, and Cultural Organization: 15-23.
2535. Richards, P.W. 1969. Speciation in tropical environments. *Biological Journal of the Linnean Society*. 1: 149-153.
2536. Richards, P.W. 1974. National parks in wet tropical areas. En: Elliot, H., editor. *2d world conference on national parks*. Morges, Switzerland: International Union for the Conservation of Nature and Natural Resources: 219-227.
2537. Richards, P.W. 1982. *Agroforestry. Annotated bibliography F24*. Oxford, UK: Commonwealth Forestry Bureau. 45 p.
2538. Richards, P.W. 1983. The three-dimensional structure of tropical rain forest. En: Sutton, S.L.; Whitmore, T.C.; Chadwick, A.C., editores. *Tropical rain forest: ecology and management*. Oxford, UK: Blackwell Scientific Publications: 3-10.
2539. Richards, P.W.; Tansley, A.G.; Watt, A.S. 1939. The recording of structure, life-form and flora of tropical forest communities as a basis for their classification. *Institute Pap.* 19. Oxford, UK: University of Oxford, Imperial Forestry Institute. 19 p.
2540. Richmond, G.B. 1965. Naturalization of Java *Podocarpus* in Hawaii rain forest. Res. Note PSW-76. Berkeley, CA: U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Pacific Southwest Forest and Range Experiment Station. 5 p.
2541. Ricklefs, R.E. 1980. Latitudinal patterns in seasonality and year-to-year variation in climate. *Caribbean Journal of Science*. 15(3/4): 183-197.
2542. Rico Bernal, M.; Gomez-Pompa, A. 1976. Estudio de las primeras etapas sucesionales de una selva alta perenifolia en Veracruz, México. En: *Investigaciones sobre la regeneración de selvas altas en Veracruz, Mexico*. Ciudad Mexico, Mexico: Compañía Editorial Continental: 112-192.
2543. Ridley, H.N. 1901. The timbers of the Malay Peninsula. *Agricultural Bulletin of the Straits Settlements and Federated Malay States*. Singapore: [Editorial desconocida]. 292 p.
2544. Riehl, H. 1954. *Tropical meteorology*. New York, NY: McGraw-Hill Book Company. 392 p.
2545. Riehl, H. 1979. *Climate and weather in the Tropics*. London, UK: Academic Press. 611 p.
2546. Rizzini, C.T. 1975. Contribuição ao conhecimento da estrutura do cerrado. *Brasil Florestal*. 6(22): 3-15.
2547. Robbins, A.M.J. 1983. Tools for harvesting tree forests. Tech. Note 13. Humlebaek, Denmark: Danida Forest Tree Centre. 13 p.
2548. Robbins, A.M.J. and C.E. Hughes 1983. Provenance regions for *Pinus caribaea* and *Pinus oocarpa* within the Republic of Honduras, C.A.A preliminary delineation. *Tropical Forestry Pap.* 18. Oxford, UK: Commonwealth Forestry Institute, University of Oxford. 91 p.

2549. Roberts, H. 1961. Seasonal variation in the attack of ambrosia beetles in the Bobiri Forest Reserve, Kumesi, Ghana. Accra, Ghana: West African Timber Borer Unit: 53-60.
2550. Robertson, J.A. 1974. Thinning tropical woodlands with chemicals. *Tropical Grassland*. 8(2): 113-116.
2551. Robinson, R.K. 1973. Mycorrhizas and "second rotation decline" of *Pinus patula* in Swaziland. *South African Forestry Journal*. 84: 16-19.
2552. Robinson, W.M. 1968. Pruning and thinning practice in Queensland plantations. En: Papers, 9th British Commonwealth forestry conference; 1968 January 3-27; New Delhi, India. [Lugar de publicación/editorial desconocidos]. 21 p.
2553. Roche, L. 1973. The practice of agri-silviculture in the Tropics with special reference to Nigeria. En: FAO regional seminar on shifting cultivation and soil conservation in Africa; 1973 July 2-21; Ibadan, Nigeria. Ibadan, Nigeria: University of Ibadan. 29 p.
2554. Roche, L. 1986. Forestry and famine: arguments against growth without development. *Commonwealth Forestry Review*. 65(2): 99-108.
2555. Roche, L.R. 1975. The methodology of conservation of forest genetic resources. Rome, Italy: Food and Agriculture Organization of the United Nations, United Nations Environmental Programme. 127 p.
2556. Roche, M. 1987. The establishment of a scientific community in a developing country. *Interciencia*. 12(5): 230-232.
2557. Rodin, L.E.; Bazilevich, N.I.; Rozov, N.N. 1975. Productivity of the world's main ecosystems. En: Reichle, D.E.; Franklin, J.F.; Goodall, D.W., editores. *Productivity of world ecosystems*. New York, NY: National Academy of Sciences: 13-26.
2558. Rodríguez San Pedro, J. 1865. Legislación ultramarina. Madrid, Spain: Imprenta Voite, Cubas y Vicente. 708 p. Vol. 4.
2559. Rogers, F.G. 1957. Some notes on *Gmelina arborea* (Linn.). *Nyasaland Farmer Forestry*. 4(1): 38-40.
2560. Rogers, L.J. 1954. Reforestation of parana pine. *Unasylva*. 8(1): 15-18.
2561. Roig, J.T. 1945. Las plantaciones de cedro en Cuba: causas de su fracaso. Habana, Cuba: Ministerio de Agricultura [Páginas desconocidas] [Revisado en]: *Tropical Woods*. 83: 26-27.
2562. Roig, J.T. 1946. El cedro. *Boletín Estación Experimental Agronómica*. [Cuba] 64: 47.
2563. Roig y Mesa, J.T. 1946. Estado actual de las plantaciones de cedro (*Cedrela mexicana*) en la isla de Cuba. *Caribbean Forester*. 7(1): 93-102.
2564. Rollet, B. 1968. Etude quantitative de profils structuraux de Forêts denses vénézuéliennes comparaison avec d'autres profils de Forêts denses tropicales de plaine. *Adansonia*. 8(4): 523-549.
2565. Rollet, B. 1969. La régénération naturelle en forêt dense humide sempervirente de plaine de la guyane vénézuélienne. *Bois et Forêts des Tropiques*. 124: 19-38.
2566. Romero Pastor, M. 1983. La forestación en el Peru y en algunos países de América Latina. FAO Project PER/81/002. Lima, Peru: Ministerio de Agricultura Documento de Trabajo No. 9. 68 p.
2567. Romero Pastor, M. 1986. Guía práctica para la elaboración de planes de manejo forestal de bosques húmedos tropicales. Lima, Peru: Oficina de Coordinación, Programa de Desarrollo Forestal Canada-Peru PNUD/FAO/per (/81/002), Lima, Peru. 112 p.
2568. Romm, J. 1982. A research agenda for social forestry. *International Tree Crops Journal*. 2: 25-59.
2569. Rosayro, R.A. de. 1945-46. The montane grasslands (patanas) of Ceylon: an ecological study with reference to afforestation. *Tropical Agriculturist*. 10: 206-213; 11: 4-16, 81-94, 139-148.
2570. Rosayro, R.A. de. 1953. Ecological consideration in the management of wet evergreen forest in Ceylon. *Ceylon Forester* 1: 80-90.
2571. Rosayro, R.A. de. 1954. Field characters in the identification of tropical forest trees. *Empire Forestry Review*. 32: 124-141.
2572. Rosayro, R.A. de. 1955. The silviculture and management of tropical rain forest with special reference to Ceylon. *Ceylon Forester*. 2(1): 5-26.
2573. Rosayro, R.A. de. 1961. The nature and origin of secondary vegetational communities in Ceylon. *Ceylon Forester*. 5(1/2): 23-49.
2574. Rose, D.W. 1977. Cost of producing energy from wood in intensive cultures. *Journal of Environmental Management*. 5: 23-35.
2575. Rosenberg, N.J. 1974. Microclimate: the biological environment. New York, NY: John Wiley. 315 p.
2576. Rosenzweig, M.L. 1968. Net primary productivity of terrestrial communities: prediction from climatological data. *American Naturalist*. 102: 67-74.
2577. Rosevear, D.R.; Lancaster, P.C. 1952. A review of silvicultural experiment and practice in Nigeria. En: Papers, 6th British Commonwealth forestry conference; Ottawa, Canada. Lagos, Nigeria: Colonial Forest Service: 14 p.
2578. Ross, J.K.; Moss, R.P. 1957. 3. Exotic forest trees in the Western Region of Nigeria. En: Papers, 7th British Commonwealth forestry conference; 1957; Australia and New Zealand. Ibadan, Nigeria: Government Printer: 29.
2579. Ross, P. 1954. Ecological studies in the rain forest of southern Nigeria. 3. Secondary succession in the Shasha forest reserve. *Journal of Ecology*. 42(2): 259-282.
2580. Ross, P. 1958. The utilization of teak in Trinidad. *Caribbean Forester*. 19(3/4): 80-85.
2581. Ross, P. 1959. Teak in Trinidad. *Economic Botany*. 13(1): 30-40.

Bibliografía

2582. Rouanet, R. 1952. Rapport sur la Guinée française. En: Proceedings, 1re conférence forestière interafricaine; 1951. Abidjan, Côte d'Ivoire: 187-213.
2583. Rowe, J.S. 1956. Uses of undergrowth species in forestry. Ecology. 37(3): 461-473.
2584. Ruangpanit, N. 1975. Effects of crown cover on surface run-off and soil erosion in hill evergreen forest. Vanasarn. 33(4): 385-388.
2585. Rudman, P.; da Costa, E.W.B.; Gay, F.J. 1967. Wood quality in plus trees of teak (*Tectona grandis* L.F.). Silvae Genetica. 16(3): 102-105.
2586. Ruehle, J.L. 1972. Nematodes of forest trees. En: Webster, J.M., editor. Economic nematology. New York, NY: Academic Press: 312-324.
2587. Ruening, E.F.; Poker, J. 1989. Management of tropical rainforests. Baden-Baden, Federal Republic of Germany: German Foundation for International Development. 112 p.
2588. Ruinen, J. 1974. Nitrogen fixation in the phyllosphere. En: The biology of nitrogen fixation. Frontiers of biology. The Netherlands, North Holland Publishing Company. 33: 121-167.
2589. Rumney, G.R. 1968. Climatology and the world's climates. London, UK: MacMillan. 656 p.
2590. Ruthenberg, H. 1974. Agricultural aspects of shifting cultivation. En: Soils Bull. 24. Rome, Italy: Food and Agriculture Organization of the United Nations. 99-111.
2591. Sabado, E.Q.; Asunción, P.C. 1970. Study on direct seeding *Gmelina arborea* Roxb. in Magat Experimental Forest. Res. Note 77. Manila, Philippines: Bureau of Forestry. 2 p.
2592. Sabharwal, L.R. 1941. The efficiency of irregular stocking. En: Proceedings, 5th silvicultural conference; 1939. Dehra Dun, India: Dehra Dun, India, Forest Research Institute. 188-190.
2593. Sachs, R.M.; Gilpin, D.W.; Mock, T. 1980. Short-rotation *Eucalyptus* as a biomass fuel. California Agriculture. 34(8/9): 18-20.
2594. Sagreiya, K.P. 1940. On the desirability of cultivating fodder-yielding trees in the central Provinces. Indian Forester. 66(1): 14-16.
2595. Sagreiya, K.P. 1941. The efficiency of irregular stocking. En: Proceedings, 5th silvicultural conference; 1939. Dehra Dun, India: Dehra Dun, India, Forest Research Institute. 192-195.
2596. Sagreiya, K.P. 1944. Triangular versus square planting. Indian Forester. 70(9): 283-289.
2597. Sagreiya, K.P. 1946a. Cowdung economy. Indian Forester. 72(8): 363-365.
2598. Sagreiya, K.P. 1946b. Single stem silviculture. Thinnings in teak crops of coppice origin. Indian Forester. 72(11): 515-526.
2599. Sagreiya, K.P. 1957. Yield regulation in selection forests. En: Papers, 7th British Commonwealth forestry conference; 1956 August 26-October 10; Australia and New Zealand. [Lugar de publicación/editorial desconocidos]. 19 p.
2600. Sagreiya, K.P.; Nath, B. 1968. Maximum production from the tropical dry deciduous forests. Indian Forester. 94(1): 20-27.
2601. Sagreiya, K.P.; Venkataramany, P. 1962. Use of cattle dung as manure and domestic fuel. Indian Forester. 88(10): 718-724.
2602. Sah, D.L. 1938. Notes on canal plantations of the Afforestation Division. Bull. 11. Cawnpore United Provinces, India: Forest Department. 12 p.
2603. Sahai, R. 1945. Practical hints of raising forest plantations in village waste lands in the United Provinces. Indian Forester. 71(9): 298-302.
2604. Sahni, K.C. 1965. Forest tree introduction in India, its scope and importance. Indian Forester. 91(1): 43-57.
2605. Salas, G. de las. 1981. Comentarios sobre la necesidad de capacitación de profesionales forestales en el trópico como investigadores. Boletín del Instituto Forestal Latinoamericano de Investigación y Capacitación. 1: 99-107.
2606. Salas, G. de las. 1987. Suelos y ecosistemas forestales, con énfasis en América tropical. San Jose, Costa Rica: Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura. 447 p.
2607. Salas, G. de las; Folster, H. 1976. Bioelement loss on clearing a tropical rain forest. Turrialba. 26(2): 179-186.
2608. Salati, E.; Marquez, J.; Molino, L.C.B. 1978. Origin and distribution of rain in the Amazon basin. Interciencia. 3(4): 200-206.
2609. Salazar, R. 1976. Rendimiento del *Pinus caribaea* var. *hondurensis* Barr. y Golf. a los 8 años de edad en el Canton de Turrialba. Turrialba, Costa Rica: Centro Agrícola Cantonal de Turrialba. 33 p.
2610. Salazar, R. 1978. Cost of establishment and maintenance of plantations of *Pinus caribaea* var. *hondurensis* in Turrialba, Costa Rica. Turrialba, Costa Rica: Celulosa de Turrialba, S.A. 37 p.
2611. Salazar, R., editor. 1985. Técnicas de producción de leña en fincas pequeñas. Actas de un simposio; 1985. Turrialba, Costa Rica: Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza. 459 p.
2612. Salazar, R. 1989. Guía para la investigación silvicultural de especies de uso multiple. Turrialba, Costa Rica: Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza. 194 p.
2613. Salazar, R., editor. 1990. Manejo y aprovechamiento de plantaciones forestales con especies de uso multiple: actas de una reunión en Guatemala. Turrialba, Costa Rica: Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza. 675 p.
2614. Sale, G.N. 1948. Note on Mauritius' silviculture: plantations of exotics on the plateau. Port Louis, Mauritius. 9 p. [Escrito a máquina sin publicar].
2615. Samapuddhi, K. 1974. Thailand's forest villages. Unasylva. 27(107): 20-23.

2616. Samek, V. 1967. Mejoramiento de los pinos en la práctica forestal. Serie Forestal 3. Habana, Cuba: Academia de Ciencias de Cuba, Instituto de Biología. 40 p.
2617. Samek, V. 1973a. Pine forests of Cajaleana: a synecological study. Serie Forestal 13. Habana, Cuba: Academia de Ciencias de Cuba, Departamento de Ecología Forestal. 56 p.
2618. Samek, V. 1973b. Pine forests of the Sierra de Nipe: a synecological study. Serie Forestal 14. Habana, Cuba: Academia de Ciencias de Cuba, Departamento de Ecología Forestal. 58 p.
2619. Samek, V. 1973c. Regiones fitogeográficas de Cuba. Serie Forestal 15. Habana, Cuba: Academia de Ciencias de Cuba, Departamento de Ecología Forestal. 60 p.
2620. Sammi, J.C. 1961. De Liocourt's method, modified. *Journal of Forestry*. 59(4): 294-295.
2621. Sampaio, F. de Melo de. 1966. Plantações de eucaliptos de Companhia do Camino de Ferro de Benguela. *Notas sobre técnicas culturais. Agronomia Angolana*. 24(3): 67-71.
2622. Sampaio, F. de Melo de; Carita Frade, E. 1965. Plantações de eucaliptos de Companhia do Camino de Ferro de Benguela. *Agronomia Angolana*. 22: 205-225.
2623. Sampaio, A.N. 1975. Os eucaliptos no Brasil. En: *O eucalipto e a ecologia*. Aracruz, Brazil: Aracruz Celulose: 5-8.
2624. San Buenaventura, P. 1958. Reforestation of "cogonales" in the Philippines. *Filipino Forester*. 9/10: 28-33.
2625. San Buenaventura, P.; Assidao, F. 1957. Preliminary tests on aerial seeding of ipil-ipil (*Leucaena glauca* (L.) Benth.). *Philippine Journal of Forestry*. 13(3/4): 119-132.
2626. Sanchez, P. 1976. Properties and management of soils of the Tropics. New York, NY: John Wiley. 618 p.
2627. Sanchez, P.A. 1972. Soil management under shifting cultivation. En: Sanchez, P. A., editor. *A review of soils research in Latin America*. Tech. Bull. 219. Raleigh, NC: North Carolina Agricultural Experiment Station, Soil Science Department: 47-67.
2628. Sanchez, P.A.; Gichuru, M.P.; Katz, L.B. 1982. Organic matter in major soils of the tropical and temperate regions. *Symposia Papers. 12th International Congress of Soil Science*. [Fecha desconocida]. New Delhi, India. [Lugar de publicación desconocido] International Society of Soil Science. 1: 99-114.
2629. Sanchez, P.A.; Salinas, J.G. 1982. Low-input technology for managing Oxisols and Ultisols in tropical America. *Advances in Agronomy*. 34: 279-406.
2630. Sandermann, H.W. 1953. Informe al gobierno de Honduras sobre extracción de resinas. FAP/ETAP 177. Rome, Italy: Food and Agriculture Organization of the United Nations. 24 p.
2631. Sandermann, H.W. 1954. Informe al gobierno de México sobre la industria resinera. Rome, Italy: Food and Agriculture Organization of the United Nations, FAO/ETAP 262. 8 p.
2632. Sandrasegaran, K. 1965. Objective sampling in natural forest and transference of the collected data into punch cards. Res. Pamphlet 47. Kepong, Malaysia: Forestry Research Institute. 49 p.
2633. Sandrasegaran, K. 1966a. Optimum planting distances and crop densities of the ten exotic species in Malaya utilizing triangular spacing based on a consideration of crown diameter to stem diameter relationship. Res. Pamphlet 51. Kepong, Malaysia: Forestry Research Institute. 44 p.
2634. Sandrasegaran, K. 1966b. Permanent sample plot information on stocking, growth, and yield of *Maesopsis eminii* Engl. (grown in the plantation at Forest Research Institute). Res. Pamphlet 49. Kepong, Malaysia: Forestry Research Institute. 23 p.
2635. Sands, W.A. 1960. Termite control in west African afforestation. En: Report of the 7th commonwealth entomological conference. 1960. London, UK: [Lugar de publicación/editorial desconocidos]. 106-110.
2636. Sangal, P.M. 1981. Scope and implication of agroforestry in India. *Indian Forester*. 107(5): 289-297.
2637. Santiago, A. 1961. National forests of agricultural crops for the wet humid Tropics. *Nature*. 190(4781): 1070.
2638. Santos, T.A.; Rimando, P.R. 1952. Reforestation in low rainfall areas in the Philippines. Document FAO/APFC-52/50. Rome, Italy: Food and Agriculture Organization of the United Nations, Asia Pacific Forestry Commission. 7 p.
2639. Santos, V. 1991. Manager, PRODENAY, Quintana Roo, Mexico. (Personal communication).
2640. Sant Ram, B. 1941. Thinning research. En: Proceedings, 5th silvicultural conference; 1939. Dehra Dun, India: Dehra Dun, India, Forest Research Institute. 256-268.
2641. Sargento, J.O.; Barker, J.E. 1978. Vegetative propagation of *Pinus caribaea* var. *hondurensis* Morelet and *Pinus oocarpa* Scheide by means of needle fascicles. *Pterocarpus*. 4(1): 52-61.
2642. Sarlin, F. 1961. Les plantations de teck au Togo. Nogent-sur-Marne, France: Centre Technique Forestier Tropical. 31 p.
2643. Sartorius, P.; Henle, H. 1968. Forestry and economic development. New York, NY: Frederick A. Praeger. 340 p.
2644. Sastre de Jesus, I. 1979. Ecological life cycles of *Buchenavia capitata* (Vahl.) Fichl., a late secondary species in the rain forest of Puerto Rico. Knoxville, TN: University of Tennessee. 44 p.
2645. Sastrosuanto, S. 1978. The effect of selective logging as applied to the tropical rain forests on the condition of residual stands in Indonesia. En: Special paper. Proceedings, 8th world forestry congress; 1978 October 16-28; Jakarta, Indonesia. Rome, Italy: Food and Agriculture Organization of the United Nations. 15 p.
2646. Satterlund, D.R. 1972. Wildland watershed management. New York, NY: Ronald Press Company. 370 p.

2647. Satyanarayan, Y. 1960. The effects of shifting cultivation in western Ghats, India. En: Proceedings, Symposium on the impact of man on humid tropics vegetation; 1960; Goroka, Papua New Guinea. Paris, France: United Nations Educational, Scientific, and Cultural Organization: 216-231.
2648. Sauer, C.O. 1957. Man in the ecology of tropical America. En: Proceedings, 9th Pacific science congress; 1957 November 18-December 9; Bangkok, Thailand. Bangkok, Thailand: Chulalongkorn University, Department of Science; 20: 104-110.
2649. Sawyer, J.S. 1962. The development of plantation techniques in Sierra Leone with special reference to spacing and thinning. En: Papers, 8th British Commonwealth forestry conference; 1962 June 25-July 28; East Africa. Freetown, Sierra Leone: Forest Development. 11 p.
2650. Saxena, S.M. 1966. Possibility of introduction of tropical pines in Madhya Pradesh. Special Subject. Oxford, UK: University of Oxford, Department of Forestry, Commonwealth Forestry Institute. 86 p.
2651. Scherr, S.; Hoekstra, D.; Avila, M. 1989. Does agroforestry pay? *Agroforestry Today*. 1(3): 7,9.
2652. Schimper, A.F.W. 1903. Plant-geography upon a physiological basis. Translated by Groom, P.; Balfour, I.B., editores. Oxford, UK: Clarendon Press. 839 p.
2653. Schlich, W. 1925. Forest Management. 5a edición. London, UK: Bradbury Agnew Co. 383 p.
2654. Schmidt, P.B.; Volpato, E. 1972. Aspectos silviculturais de algumas especies nativas da Amazonia. *Acta Amazonica*. 2(2): 99-122.
2655. Schmidt, R. 1987. Ordenación de los bosques higrofiticos tropicales: informe actualizado. *Unasylva*. 39(2): 2-17
2656. Schmidting, R.C. 1973. Intensive culture increases growth without affecting wood quality of young southern pines. *Canadian Journal of Forest Research*. 3: 565-573.
2657. Schmitz, A. 1966. Pine plantations in Haut-Katanga. Brussels, Belgium: Institut National pour l'Étude Agronomique du Congo Belge. 104 p.
2658. Schnell, R. 1970. Introduction a la phytogéographie des pays tropicaux: les problèmes généraux. La flores--les structures. Paris, France: Gauthier Villars. 499 p.
2659. Schonau, A.P.G. 1974. The effect of planting espacements and pruning on growth, yield and timber density of *Eucalyptus grandis*. *South African Journal of Forestry*. 88: 16-23.
2660. Schonau, A.P.G. 1975. Effect of site quality and initial stocking density on average diameter in black wattle plantations in Kenya. *Forest Science*. 21(1): 2-9.
2661. Schonau, A.P.G. 1986. Basic silviculture for the establishment of eucalypt plantations with special reference to *Eucalyptus grandis*. *South African Forestry Journal*. 134: 4-9
2662. Schory, E.A. 1958. The cajeput tree in Florida. *Caribbean Forester*. 19(3/4): 50-55.
2663. Schreckenber, K.; Hadley, M., editor. 1991 economic and ecological sustainability of tropical rain forest management. MAB Digest 8. Paris, France. Unesco. 100 p.
2664. Schroder, D.; Warnken, P.F. 1981. Economic analysis of potential intercropping systems in Jamaica. *Turrialba*. 31(1): 63-68.
2665. Schubert, T.H. 1985. Trees for urban use in Puerto Rico and the Virgin Islands. Gen. Tech. Rep. SO-57. New Orleans, LA: U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Southern Forest Experiment Station. 90 p.
2666. Schuchert, C. 1935. Historical geology of the Antillean-Caribbean region. New York, NY: John Wiley. 811 p.
2667. Schultes, R.E.; Raffauf, R.F. 1990. The healing forest. Portland, OR: Dioscorides/Timber Press. 484 p.
2668. Schultz, C.J. 1976. A review of fertilizer research on some of the more important conifers and eucalypts planted in subtropical and tropical countries with special reference to South Africa. *Bull.* 53. Pretoria, South Africa: Department of Forestry. 89 p.
2669. Schultz, R.P. 1972. Root development of intensively cultivated slash pine. *Soil Science Society of America*. 36(1): 158-162.
2670. Schulz, J.P. 1960. Ecological studies on rain forest in northern Surinam. 2. The vegetation of Surinam. Amsterdam, Netherlands: Van Eedenfonds. 267 p.
2671. Schulz, J.P. 1967. La regeneración natural de la selva mesofítica tropical de Surinám después de su aprovechamiento. *Boletín del Instituto Forestal Latino Americano de Investigación y Capacitación*. 23: 3-27.
2672. Schulz, J.P.; Rodriguez, P.L. 1966. Plantaciones forestales en Surinám. *Revista Forestal Venezolana*. 9(14): 5-36.
2673. Schulz, J.P.; Vink, A.T. 1966. Observation on the effect of early pruning on branch development of young soemaroeba (*Simaruba amara* Aubl.). *Turrialba*. 16(1): 81-83.
2674. Schut, N.W. 1957. Perkembangan penentuan isi kaju dalam hutan jang bertjampuran di Indonesia. *Rimba Indonesia*. 6(1/2): 3-34.
2675. Schwerdtfeger, W. 1976. Climates of Central and South America. Amsterdam, Netherlands: Elsevier Scientific Publishing Company. 532 p.
2676. Scott, C.W. 1960. *Pinus radiata*. Forestry and Forest Products Pap. 14. Rome, Italy: Food and Agriculture Organization of the United Nations. 328 p.
2677. Scott, C.W. 1961. The *Swietenia* mahogany forests of Bolivia. *Arbor*, Aberdeen. 3(5): 12-14.
2678. Scott, M.H. 1952. The quality of wood of young trees of *Pinus caribaea* grown in South Africa. *Journal of the South African Forestry Association*. 22: 38-47.
2679. Scott, N.J., Jr. 1976. The abundance and diversity of the herpetofaunas of tropical forest litter. *Biotropica*. 8(1): 41-58.

2680. Seliskar, C.E. 1964. Virus and virus-like disorders of forest trees. En: FAO/IUFRO symposium on international dangerous forest diseases and insects. 1964. Oxford, UK: Rome, Italy: Food and Agriculture Organization of the United Nations; International Union of Forest Research Organizations. 44 p.
2681. Semple, A.T.; Pendleton, R.L. 1950. Woody legumes for the poor soils of humid equatorial lowlands. *Indian Farming*. 11(6): 223-225.
2682. Senevirante, E.W. 1979. Report on the regional seminar on human uses of the mangrove environment and management implications. *Sri Lanka Forester*. 14(1/2): 43-48.
2683. Sen Gupta, J.N. 1937. Seed weights, plant percents, etc., for forest plants in India. *Indian Forester Records*. 2(5): 175-221.
2684. Sen Gupta, J.N. 1939. *Dipterocarpus* (gurjan) forests in India and their regeneration. *Indian Forest Records*. 3(4): 61-64.
2685. Sen Gupta, J.N. 1952. Problems of tropical silviculture and management-mangrove forests--with special reference to West Bengal. En: Document FAO/APFC-50/20. Rome, Italy: Food and Agriculture Organization of the United Nations, Asia Pacific Forestry Commission: [Páginas desconocidas].
2686. Sen Gupta, J.N. 1956. Advances made in the problem of soil regeneration. En: Proceedings, 8th silvicultural conference; 1951 December 5-14; Dehra Dun, India. Dehra Dun, India: Forest Research Institute; 2: 307-309.
2687. Sen Gupta, J.N. 1958. Fuelwood plantations in India. *Forestry Occasional Pap.* 5. Rome, Italy: Food and Agriculture Organization of the United Nations. 73 p.
2688. Serevo, T.S. 1949. Some observations on the logging effects of different methods of logging on residual stand and on natural reproduction. *Philippine Journal of Forestry*. 6(4): 363-381.
2689. Seth, S.K. 1955. Applied ecology in forestry. *Indian Forester*. 81(8): 456-464.
2690. Seth, S.K. 1957. Yield and stand tables for plantation teak (*Tectona grandis*, Linn. f.). *Indian Forest Records* 9. New Delhi, India: Manager of Publications: 151-216.
2691. Seth, S.K. 1958. Natural regeneration and management of bamboos. En: Proceedings, 4th world forestry congress; 1954 December 11-22; Dehra Dun, India. New Delhi, India: Government of India, Manager of Publications; 3: 404-409.
2692. Seth, S.K.; Bhatnagar, H.P. 1960. Interrelations between mineral constituents of foliage, soil properties, site quality and regeneration status of some *Shorea robusta* forests. *Indian Forester*. 86(10): 590-601.
2693. Seth, V.K. 1958. Thinnings in the young teak coppice forests of Betul Division. *Indian Forester*. 84(9): 568-570.
2694. Setliff, E.C.; Hocking, D. 1966. Damping off in pine nurseries. *Mycological Note* 33. Arusha, Tanzania: Tropical Pesticides Research Institute. 7 p.
2695. Setten, G.G.K. 1953. Yemane (*Gmelina arborea* Roxb.) plantations as a short term firewood proposition. *Malayan Forester*. 16(3): 165-169.
2696. Sharma, A.R. 1951. *Casuarina* (fuel) plantations in Puri Division, Orissa. En: Proceedings, 7th silvicultural conference; 1946 October-November; Dehra Dun, India. Dehra Dun, India: Forest Research Institute: 554-560.
2697. Sharma, R.P. 1978. Yield tables for *Eucalyptus* hybrid (plantation) for various levels of stocking. *Indian Forester*. 104(6): 387-397.
2698. Sharma, S.K.; Rajeswaran, S. 1970. A further study of phenology and nursery behavior of some Andaman timber species. *Indian Forester*. 96(2): 89-94.
2699. Sharma, V.K. 1976. Biomass estimation of *Shorea robusta* and *Buchanania lanzan* by regression technique in natural dry deciduous forest. *Papers*, En: 16th international congress of IUFRO [Fecha desconocida]; Orono, ME.: Orono Me., University of Maine, College of Life Sciences and Agriculture. 129-142.
2700. Sharma, Y.M.L. 1944. A note on the silviculture of *Chlorophora excelsa*. *Indian Forester*. 70(3): 80-83.
2701. Sharma, Y.M.L. 1965. Canopy lifting and tending in evergreen forests of Shimoga Circle. *Myforest*. 2(2): 33-39.
2702. Sharma, Y.M.L. 1966. Silver oak (*Grevillea robusta* A. Cunn.). *Myforest*. 3(1): 35-42.
2703. Shea, K.; Carsom, L.W., compiladores. 1986. Increasing productivity of multipurpose tree species: a blueprint for action. Washington, DC: U.S. Department of Agriculture, Forest Service. 100 p.
2704. Shebbear, E.O. 1946. Northern Bengal taungyas. *Empire Forestry Journal*. 25(1): 32-35.
2705. Sheikh, M.I.; Masrur, A. 1972. Drip irrigation--a new method of irrigation developed at Pakistan Forest Institute, Peshawar. *Pakistan Journal of Forestry*. 22(4): 446-462.
2706. Shelbourne, C.J.A. 1973. Planning breeding programs for tropical conifers grown as exotics. En: Selection and breeding to improve some tropical conifers. Oxford, UK: Commonwealth Forestry Institute; Brisbane, Australia: Department of Forestry; 2: 155-179.
2707. Shepherd, K.R.; Ritcher, H.V., editores. 1985. Managing the tropical forest. Canberra, Australia: National University, Australian Development Studies Centre. 341 p.
2708. Sherry, S.P. 1961. Live pruning of *Pinus patula* and *P. elliottii* in South Africa. *Journal of the South African Forestry Association*. 36: 18-22.
2709. Shetty, K.A.B. 1964. Structure and management of the tropical moist evergreen forests of Madras State. En: Proceedings, All-India tropical moist evergreen forest study tour and symposium; 1960. Dehra Dun, India: Dehra Dun, India, Forest Research Institute: 160-163.

Bibliografía

2710. Shetty, K.A.B. 1973. Cultivation of cashew (*Anacardium occidentale* Linn.) in the forest lands of Nadu. En: Symposium on man-made forests in India; 1972. Dehra Dun, India: Dehra Dun, India, Society of Indian Foresters; 3: 40-43.
2711. Shim, P.S. 1973. Species trials at Sibuga Forest Reserve, Sabah: conifers. En: Laporan 1970 Penyelidikan Hutan, Negeri Sabah [Annual Report, Research Branch]. Sabah, Indonesia: Forest Department: 112-118.
2712. Shimizu, J.Y.; Pitcher, J.A.; Fishwick, R.W. 1977. Seleção precoce de fenótipos superiores de *P. elliottii*. Rep. PNUD/FAO/IBDP/BRA-45. Comunicação Técnica 1. Rome, Italy: Food and Agriculture Organization of the United Nations. 9 p.
2713. Shiue, C.J.; Pauley, S.S. 1961. Some considerations on the statistical design for provenance and progeny tests in tree improvement programs. *Forest Science*. 7(2): 116-122.
2714. Sholto Douglas, J. 1968. Three dimensional forestry. *Science Journal*. 4(8): 41-46.
2715. Sholto Douglas, J. 1972. Tree crops for food, forage, and cash. *World Crops*. 24(1): 2, 15-16; 24(2): 86-89, 97.
2716. Sholto Douglas, J. 1973. Forest farming: an ecological approach to increase nature's food productivity. Paris, France: United Nations Educational, Scientific, and Cultural Organization. [Páginas desconocidas].
2717. Sholto Douglas, J.; Hart, R.A. de J. 1985. Forest farming: towards a solution to problems of world hunger and conservation. Boulder, CO: Westview Press. 198 p.
2718. Shoulders, E. 1968. Fertilization increases longleaf and slash pine flower and cone crops in Louisiana. *Journal of Forestry*. 66(3): 193-197.
2719. Sieverts, A. 1958. The cultivation of teak in Java. En: Papers, 12th congress of the International Union of Forest Research Organizations; 1956. Oxford, UK. London, UK: International Union of Forest Research Organizations: 329-330.
2720. Silander, S.R. 1979. A study for the ecological life history of *Cecropia peltata* L., an early secondary successional species in the rain forest of Puerto Rico. Knoxville, TN: University of Tennessee. 93 p.
2721. Silva, J.N.M. 1989. The behaviour of the tropical rain forest of the Brazilian Amazon after logging. Oxford, UK: Green College. 325 p. Ph.D thesis.
- 2721a. Silva, J.N.M. 1976. Aspectos principais de estudo sobre pragas de eucalipto. *Comunicação Tec.* 4. Brasília, Brazil: Projeto de Desenvolvimento e Pesquisas Florestal. 11 p.
- 2721b. Silva, J.N.M. 1977. Dispersão de plantas lenhosas de uma campina Amazônica. Manaus, Brazil: Instituto Nacional de Pesquisas de Amazônia. *Acta Amazonica* 7 (1 supp.) 69 p.
2722. Silva, M.L. de. 1971. Notes on the cultivation of eucalypts in Angola. Luanda, Angola: Instituto de Investigação Agronomica. *Serie Técnica* 24. 16 p.
2723. Silva Salazar, R. 1971. Metodología para la investigación en parcelas permanentes de clareo y rendimiento, en plantaciones forestales. *Boletín del Instituto Forestal Latino Americano de Investigación y Capacitación*. 38: 59-89.
2724. Simmonds, F.J. 1968. Economics of biological control. *Pest Articles and News Summaries*. 14(3): 207-15.
2725. Simoes, J.W. 1970. Métodos de produção de mudas de eucalipto. IPEF (Instituto de Pesquisa e Estudos Florestais). 1: 101-116.
2726. Simoes, J.W.; Berger, R.; Leite, N.B. [y otros]. 1974. Estudio económico de sistemas desbastes. IPEF (Instituto de Pesquisa e Estudos Florestais). 9: 3-21.
2727. Simoes, J.W.; Brandi, R.M.; Malinovsky, J.R. 1976. Formação de florestas com especies de rápido crecimiento. Rep. PNUD/FAO/IBDF/BRA-45. *Serie Divulgativo* 6. Rome, Italy: Food and Agriculture Organization of the United Nations. 74 p.
2728. Simoes, J.W.; Coelho, A.S.R.; Mello, H. do A. [y otros]. 1980. Crescimento e produção de madeira de eucalipto. IPEF (Instituto de Pesquisa e Estudos Florestais). 20: 77-97.
2729. Simoes, J.W.; Mascarenhas Sobrinho, J.; Mello, H. do A. [y otros]. 1970. A adubação acelera o desenvolvimento inicial de plantações de *P. caribaea* var. *bahamensis*. IPEF (Instituto de Pesquisa e Estudos Florestais). 1: 59-80.
2730. Simoes, J.W.; Speltz, R.M.; Speltz, G.E. [y otros]. 1971. Adubação mineral na formação de mudas de eucalipto. IPEF (Instituto de Pesquisa e Estudos Florestais). 2/3: 35-49.
2731. Simpson, J.A. 1978. Nursery nutrition studies with slash pine at Beerburum. Res. Pap. 9. Brisbane, Australia: Queensland Department of Forestry. 32 p.
2732. Singh, B. 1960. Teak "seed" treatment with bacterial action. En: Proceedings, 9th silvicultural conference; 1956 December 7-19; Dehra Dun, India. Dehra Dun, India: Forest Research Institute: 84-85.
2733. Singh, B. 1967. "Mysore gum" in India. *Van Vigyan*. 6(1/2): 17-27.
2734. Singh, B. 1973. Role of cash crop plantations in the economy of Andaman and Nicobar Islands. En: Symposium on man-made forests in India; 1972. Dehra Dun, India: Dehra Dun, India, Society of Indian Foresters; 4: 31-36.
2735. Singh, H. 1954. Mesquite for the arid ground. *Indian Farming*. 4(3): 16-17, 25.
2736. Singh, K.P. 1951. Afforestation of village wastes in Gwalior. En: Proceedings, 7th silvicultural conference; 1946 October-November; Dehra Dun, India. Dehra Dun, India: Forest Research Institute: 246-249.
2737. Singh, P. 1947. The conception and classification of thinnings. *Indian Forester*. 73(7): 315-322.

2738. Singh, P. 1955. Basic thinning. *Indian Forester*. 81(2): 26-31; 81(2): 86-97.
2739. Singh, P. 1956. Basic thinning. En: Proceedings, 5th world forestry congress; 1960 August 29-September 10; Seattle, WA. Dehra Dun, India: Forest Research Institute; 2: 228-245.
2740. Singh, P. 1960. Forester's great failure. En: Proceedings, 9th silvicultural conference; 1956 December 7-19; Dehra Dun, India. Dehra Dun, India: Forest Research Institute; 2: 20-26.
2741. Singh, P. 1967. Problems of intensity and cycle in thinning. *Indian Forester*. 93(2): 81-86.
2742. Singh, P. 1968. Thinning. *Indian Forester*. 94(7): 521-532.
2743. Singh, R.; Randev, H.S. 1975. *Eucalyptus* in extension forestry programmes of the agricultural State of Punjab. *Indian Forester*. 101(2): 116-126.
2744. Singh, R.P.; Sharma, V.K. 1976. Biomass estimation in five different aged plantations of *Eucalyptus tereticornis* Smith in western Uttar Pradesh. En: Proceedings, 16th international congress of the International Union of Forestry Research Organizations; Oslo, Norway. Oslo, Norway: Norwegian IUFRO Congress Committee: 143-161.
2745. Singh, S.P. 1973. The cheapest, quickest, and surest way to solve raw material shortage problem for pulp and paper industries in India. *Indian Pulp and Paper*. 27(12): 9-20.
2746. Singh, S.P. 1978. Rotation as influenced by stand stocking. A study of *Casuarina equisetifolia*. *Indian Forester*. 104: 491-500.
2747. Singh, S.P. 1981a. Fuelwood as energy source. *Indian Forester*. 107(12): 785-794.
2748. Singh, S.P. 1981b. Tree model for kadam (*Anthocephalus chinensis*) plantations in West Bengal. *Indian Forester*. 107(3): 158-165.
2749. Singh, S.P.; Pureshottam, L. 1982. Effect of different spacing treatments on yield from *Anthocephalus chinensis*. *Indian Forester*. 108(12): 734-740.
2750. Singhal, R.M.; Banerjee, S.P.; Pathak, T.C. 1975. Effect of *Eucalyptus* monoculture on the status of soil organic matter in natural sal (*Shorea robusta*) zone in Doon Valley. *Indian Forester*. 101(12): 730-737.
2751. Sinha, B.N. 1970. Use of fertilizers in *Eucalyptus* plantations. *Indian Forester*. 96(10): 755-765.
2752. Sioli, H. 1973. Recent human activities in the Brazilian Amazon region and their ecological effects. En: Meggers, B.J., editor. Tropical forest ecosystems in Africa and South America: a comparative review. Washington, DC: Smithsonian Institution: 321-334.
2753. Sioli, H.; Schwabe, G.H.; Klinge, H. 1969. Limnological outlooks on landscape ecology in Latin America. *Tropical Ecology*. 10(1): 72-82.
2754. Sips, P. 1993. Management of tropical secondary rainforests in Latin America. Werkdocument IKC-NBLF NR. 27. Wageningen, The Netherlands: Foundation BOS (Bosbouw Ontwikkelings Samenwerking). 71 p.
2755. Skolmen, R. 1985. Tissue culture of *Eucalyptus*. *America Pacific Forestry News*, March. Cited in ISTF News. 1985. 6(3): 8.
2756. Skoupy, J. 1976. Establishment of forests in South East Asia. *Silvaecultura Tropica et Subtropica*. 4: 39-57.
2757. Skoupy, J.; Vaclav, E. 1973. Bamboo growing in Bangladesh. *Silvaecultura Tropica et Subtropica*. 3: 25-40.
2758. Skoupy, J.; Vaclav, E. 1976. Growing of shade trees in the tea gardens of Bangladesh. *Silvaecultura Tropica et Subtropica*. 5: 77-84.
2759. Slager, S.; Schulz, J.P. 1969. A study on the suitability of some soils in northern Surinam for *P. caribaea* var. *hondurensis*. *Netherlands Journal of Agricultural Science*. 17(2): 92-98.
2760. Slee, M.U. 1967a. A review of vegetative propagation of slash pine (*Pinus elliotii* var *elliotii* in Queensland). Res. Note 18. Brisbane, Australia: Queensland Department of Forestry. 31 p.
2761. Slee, M.U. 1967b. The vegetative reproduction of Caribbean pine in Queensland. Res. Note 20. Brisbane, Australia: Queensland Department of Forestry. 19 p.
2762. Slee, M.U. 1969. Height and girth growth of slash Caribbean hybrids in south Queensland. En: Papers, 2d FAO/IUFRO world consultation on forest tree breeding; 1969 August 7-16; Washington, DC. Rome, Italy: Food and Agriculture Organization of the United Nations; 2/ 10: 139-152.
2763. Slee, M.U. 1972. Growth patterns of slash and Caribbean pine and their hybrids in Queensland. *Euphytica*. 21(1): 129-142.
2764. Slee, M.U.; Nikles, D.G. 1968. Variability of *Pinus caribaea* (Mor.) in young Queensland plantations. En: Papers, 9th British Commonwealth forestry conference; 1968 January 3-27; New Delhi, India. Brisbane, Australia: Queensland Department of Forestry. 50 p.
2765. Slee, M.U.; Spidy, T.; Gordon, P. 1970. Air-layering of Caribbean pine in Queensland. *Australian Forest Research*. 4(3): 41-44.
2766. Slinkers, T.L. 1937. De invloed van het snoeien van den kemlanding als tusschenplanting. *Tectona*. 30(11): 860-868.
2767. Small, E. 1972. Photosynthetic rates in relation to nitrogen recycling as adaptation to nutrient deficiency in peat bog plants. *Canadian Journal of Botany*. 50: 2227-2233.
2768. Smeyers, F. 1952. Considerations sur quelques peuplements exotiques de Hautoviti. En: Proceedings, 1re conférence forestière interafricaine. Abidjan, Côte d'Ivoire: 427-440.
2769. Smith, A.P. 1973. Stratification of temperate and tropical forests. *American Naturalist*. 107(957): 671-683.
2770. Smith, D.M. 1962. The practice of silviculture. New York, NY: John Wiley. 578 p.
2771. Smith, D.M. 1968. Wood quality of loblolly pine after thinning. Res. Pap. FPL-89. Madison, WI: U.S. Depart-

- ment of Agriculture, Forest Service, Forest Products Laboratory. 10 p.
2772. Smith, D.M. 1986. The practice of silviculture (8a edición.) New York, NY. John Wiley. 527 p.
2773. Smith, F.G. 1960. Beekeeping in the Tropics. London, UK: Longman. 265 p.
2774. Smith, J.H.G. 1959. Comprehensive and economical designs for studies of spacing and thinning. *Forest Science*. 5(3): 237-245.
2775. Smith, J.H.G. 1969. An economic view suggests that the concept of sustained yield should have gone out with the crosscut saw. *Forestry Chronicle*. 45: 167-171.
2776. Smith, K.J. 1976. Notes on enrichment planting in lowland rainforests of Papua New Guinea. *Tropical Forest Res. Note SR-31*. Papua New Guinea: Forest Department. 8 p.
2777. Smith, N. 1980. Wood: an ancient fuel with a new future. Washington, DC: Worldwatch Institute. 48 p.
2778. Smith, N.J.H. 1978. Agricultural productivity along Brazil's Transamazon Highway. *Agroecosystems*. 4: 415-432.
2779. Smith, W.J. 1973. Wood yield, properties and quality in Queensland-grown *Pinus caribaea* Morelet. En: Selection and breeding to improve some tropical conifers. London, UK: Commonwealth Forestry Institute; Brisbane, Australia: Queensland Department of Forestry; 2: 45-69.
2780. Smythies, E.A. 1938a. Succession in plantations of light crowned species. *Indian Forester*. 64(4): 209-211.
2781. Smythies, E.A. 1938b. The taungya plantations of Bhinga, Babraich Division. *Indian Forester*. 64(8): 471-482.
2782. Snedaker, S.C. 1970. Ecological studies on tropical moist forest succession in eastern lowland Guatemala. Gainesville, FL: University of Florida. 131 p.
2783. Snow, D.W. 1981. Tropical frugivorous birds and their food plants: a world survey. *Biotropica*. 13(1): 1-14.
2784. Snow, J.W. 1976. The climate of northern South America. En: Schwerdtfeger, W., editor. *Climates of Central and South America: world survey of climatology*. Amsterdam, Netherlands: Elsevier Scientific Publishing Companies; 6: 295-404.
2785. Soares, R.V. 1970. Desbaste em *Araucaria angustifolia* (Bert.) O'ktze. *Floresta*. 2(3): 59-67.
2786. Soares, R.V. 1975. Possibilities of use of fire in the forests of the State of Parana. *Floresta*. 6(2): 46-56.
2787. Soepono, R.; Ardiwinata, B.A. 1957. Some silvicultural aspects of mechanical logging in the dipterocarp forest of Mentawir near Balikpapan. Bogor 58. London, UK: Commonwealth Forest Research Institute. 22 p.
2788. Soerianegara, I. 1970. Sistim-sistim silvikultur untuk hutan hudjan tropika di Indonesia. *Rimba Indonesia*. 15(3/4): 83-94.
2789. Soerianegara, I. 1973. Ecological researches relevant to current silvicultural problems. *Rimba Indonesia*. 17(3/4): 133-142.
2790. Solano Cardozo, R., editor. 1987. Impacto de la investigación silvicultural en el desarrollo económico forestal colombiano. Documento 9. Bogota, Colombia: Corporación Nacional de Investigación y Fomento Forestal. 318 p.
2791. Sombroek, W.G. 1966. Amazon soils. Wageningen, Netherlands: Centre for Agricultural Publishing and Documentation. 292 p.
2792. Somerville, A. 1980. Wind stability: forest layout and silviculture. *New Zealand Journal of Forestry*. 10(3): 476-501.
2793. Sommer, A. 1976. Attempt at an assessment of the world's tropical moist forests. *Unasylva*. 28: 5-24.
2794. Soni, R.C. 1969. The role and economics of *Eucalyptus* hybrid (Mysore gum syn *E. tereticornis*) plantations in Uttar Pradesh. *Indian Forester*. 95(7): 455-460.
2795. Soubieus, J.M. 1983. Crossance et production du mahogany (*Swietenia macrophylla* King) en peuplements artificiels en Guadeloupe. Petit Bourg, Guadeloupe: Station de Recherches Forestières des Antilles et de la Guyana. 56 p.
2796. Souza, P.F. 1948. Resultados práticos obtinidos em sementeiras de essências florestais. *Anuario Brasileiro de Economia Florestais*. 1(1): 373-385.
2797. Souza, P.F. 1952. Percentagem germinativa de sementes. *Anuario Brasileiro de Economia Florestais*. 5: 79-91.
2798. Souza Pinheiro, G. de.; Souza Lima, O.; Moraes, J.L. de. 1976. Inventário florestal das estações experimentais do Instituto Forestal. Fase 1. Cadastramento dos plantios. *Bol. Tec.* 23. São Paulo, Brazil: Instituto Florestal. 4p.
2799. Sparnaay, L.D. 1957. Mixed cropping in oil palm cultivation. *Journal of the West African Institute of Oil Palm Research*. 2(7): 244-264.
2800. Spauling, P. 1961. Foreign diseases of forest trees of the world. *Agric. Handb.* 197. Washington, DC: U.S. Department of Agriculture. 361 p.
2801. Spears, J. 1987. World Bank concerned about *Eucalyptus* critics. *ISTF News* 8(2): 1.
2802. Spears, J.S. 1968. Feasibility studies and financing of man-made plantation forests. En: *FAO world symposium of man-made forests and their industrial importance*; 1967 April 14-24; Canberra, Australia. Rome, Italy: Food and Agriculture Organization of the United Nations: 923-942.
2803. Spears, J.S. 1979. Can the wet tropical forest survive? *Commonwealth Forestry Review*. 58(3): 165-180.
2804. Spears, J.S. 1980. Can farming and forestry coexist in the Tropics. *Unasylva*. 32(128): 2-12.
2805. Spears, J.S. 1983. Tropical reforestation: an achievable goal. *Commonwealth Forestry Review*. 62(3): 201-217.
2806. Spears, J.S. 1985. Deforestation issues in developing countries, the case for an accelerated programme. *Commonwealth Forestry Review*. 64(4): 313-343.
2807. Speltz, G.F.; Moreira, M.F. 1975. introdução de espécies de *Eucalyptus* spp. para áreas de solar úmidos e secos

- da industria de Celulose Borregaard. Papel. 36: 137-140.
2808. Spurr, S.H. 1961. Influence of forest management on forest production. En: Proceedings, 13th congress of the International Union of Forest Research Organizations; 1961 September; Vienna, Austria. Vienna, Austria: Herausgegeben im Eigenverlag des IUFRO; 2: 25-59.
2809. Spurr, S.H.; Barnes, B.V. 1980. Forest ecology. New York, NY: John Wiley. 687 p.
2810. Spurway, B.J.C. 1937. Shifting cultivation in Sarawak. Malayan Forester. 6(2): 124-128.
2811. Squillace, A.E. 1970. Development and action programmes for tree improvement. Unasylva. 24(2/3): 63-69.
2812. Srivastava, T.N.; Qureshi, I.M. 1966. Afforestation of difficult sites. Indian Forester. 92(11): 659-666.
2813. Stadtmüller, T. 1986. Cloud forests in the humid Tropics. Turrialba, Costa Rica: United Nations University. 81 p.
2814. Stahel, G. 1949. Notes on the root system of *immortelle* (*Erythrina glauca*). Tropical Agriculture. 26(1/7): 1-64.
2815. Stamer, P. 1955. Les paysannats indigènes du Congo Belge et du Ruanda-Urundi. Bulletin Agricole du Congo Belge. 46(3): 467-558.
2816. Stamp, L.D. 1958. An approach to rational land utilization. En: Proceedings, 9th Pacific science congress; 1957 November 18-December 9; Bangkok, Thailand. Bangkok, Thailand: Chulalongkorn University, Department of Science; 20: 161-165.
2817. Stark, N. 1969. Direct nutrient cycling in the Amazon Basin. En: Idrobo, J.M., editor. Simposio y foro de biología tropical amazónica. Bogota, Colombia: Florencia y Leticia: 172-177.
2818. Stark, N. 1971. Nutrient cycling. Tropical Ecology. 12: 24-50, 177-201.
2819. Stark, N. 1978. Man, tropical forests and the biological life of a soil. Biotropica. 10(1): 1-10.
2820. Stauffer, H.B. 1983. Some sample size tables for forest sampling. Res. Note 90. Victoria, BC. Ministry of Forests. 50 p.
2821. Stephens, J.E.M. 1954. Investigation into the growth of *Cassia* and *Eucalyptus* on a seasonally dry swamp in Uganda and a description of the plantation soils. Oxford, UK: Imperial Forestry Institute. 50 p.
2822. Stern, K.; Roche, L. 1974. The genetics of forest ecosystems. New York, NY: Springer-Verlag. 330 p.
2823. Sternberg, H. O'Reilly. 1968. Man and environment change in South America. En: Fittkau, E.J.; Illies, J.; Klinge, G.H. [y otros], editores. Biogeography and ecology in South America. Monographiae Biologicae 18. The Hague, Netherlands: W. Junk: 413-445.
2824. Sterringa, J.T., compilador. 1975. Bibliografía sobre silvicultura y ecología forestal tropical 1924-1973. Turrialba, Costa Rica: Instituto Interamericano de Ciencias Agrícolas. 280 p.
2825. Stevenson, N.S. 1940. Balsa in British Honduras. Caribbean Forester. 1(3): 1-3.
2826. Stoeckeler, J.H. 1965. The design of shelterbelts in relation to crop yield improvement. World Crops. 17(1): 4-5, 27-32.
2827. Stohr, G.W.D.; Hoogh, J. de. 1980. Problems with afforestation of Brazil's exploited forests. Plant Research and Development. 11: 17-27.
2828. Stohr, G.W.D.; Inoue, M.T. 1976. Sistemas silviculturais: sugestões para uma nova classificação. Floresta. 7(1): 58-63.
2829. Stone, E.C.; Goor, A.Y. 1968. Afforestation techniques for arid conditions. En: FAO world symposium on man-made forests and their industrial importance; 1967 April 14-24; Canberra, Australia. Rome, Italy: Food and Agriculture Organization of the United Nations: 345-366.
2830. Stone, E.L.; Fisher, R.F. 1969. An effect of conifers on available soil nitrogen. Plant and Soil. 30: 134-138.
2831. Stone, E.L.; Will, G.M. 1965. Nitrogen deficiency of second generation radiata pine in New Zealand. En: Youngberg, C.T., editor. Forest-soil relationships in North America. Corvallis, OR: Oregon State University Press: 117-139.
2832. Storrs, A.E.G. 1956. Improvement fellings in indigenous woodland. Salisbury, North Rhodesia: Forest Department. [Páginas desconocidas].
2833. Stracey, P.D. 1957. The silviculture and management of tropical rain forests in India. Dehra Dun, India: Forestry Research Institute. 39 p.
2834. Stracey, P.D. 1959. The silviculture and management of tropical rain forests in India. Indian Forester. 85(7): 385-407.
2835. Stracey, P.D.; Saikia, M.L. 1960. The silviculture and management of the dipterocarp rain forests of Upper Assam. En: Proceedings, 9th silvicultural conference; 1957 November 18-December 9; Dehra Dun, India. Dehra Dun, India: Forest Research Institute: 150-155.
2836. Streets, R.J. 1962. Exotic forest trees in the British Commonwealth. Oxford, UK: Clarendon Press. 765 p.
2837. Strub, M.R.; Bredenkamp, B.V. 1985. Carrying capacity and thinning response in the CCA experiments. South African Forestry Journal. 133: 6-11.
2838. Strub, M.R.; Vasey, R.B.; Burkhart, H.E. 1975. Comparison of diameter growth and crown competition factor in loblolly pine plantations. Forest Science. 21: 427-431.
2839. Strugnell, E.J. 1937. Poisons for frill-girdling. Malayan Forester. 6(1): 67-71.
2840. Strugnell, E.J. 1938. Silviculture in Malaya. Empire Forestry Journal. 17(2): 188-194.
2841. Stuart, B.E. St. L. 1954. Seed weights, etc. for tree species commonly grown in east Africa. Forestry Tech. Note 2. Nairobi, Kenya: East African Agriculture and Forestry Research Organizations. 15 p.
2842. Stuart, B.E. St. L. 1955. Short term planting out experiments. Forestry Tech. Note 6. Nairobi, Kenya: East

- African Agriculture and Forestry Research Organizations. 2 p.
2843. Stuart Smith, A.M. 1968. Practice and research in establishment techniques. En: FAO world symposium on man-made forests and their industrial importance; 1967 April 14-24; Canberra, Australia. Rome, Italy: Food and Agriculture Organization of the United Nations: 265-287.
2844. Stubbings, J.A. 1958. Raising and use of large, close-rooted transplants for commercial afforestation in Southern Rhodesia. Journal of the South African Forestry Association. 32: 36-55.
2845. Stubbings, J.A.; Schonau, A.P.G. 1980. Management of short rotation coppice crops of *Eucalyptus grandis* Hill ex Maiden. South African Forestry Journal. 115: 38-46.
2846. Styles, B.T. 1972. Flower biology of the Meliaceae and its bearing on tree breeding. Silvae Genetica. 21(5): 175-182.
2847. Subba Rao, B.K.; Dabral, B.G.; Pande, S.K. 1972. Litter production in forest plantations of chir (*Pinus roxburghii*), teak (*Tectona grandis*), and sal (*Shorea robusta*) at New Forest, Dehra Dun. En: Golley, P.M.; Golley, F.B., editores. Tropical ecology with an emphasis on organic production. Athens, GA: University of Georgia: 235-243.
2848. Sudarmo, M.K. 1957. Document of the second session: FAO teak subcommittee. FAO/TSC-57/27. Rome, Italy: Food and Agriculture Organization of the United Nations. 2 p.
2849. Sunder, S.S. 1970. Extension of bamboo by artificial propagation. Myforest. 6(4): 71-78.
2850. Sundralingam, P.; Ang, T.B. 1975. Responses of *Pinus caribaea* var. *hondurensis* to fertilization on bungor soil of Ranku-Panjang Forest Reserve. Malaysian Forester. 38(2): 135-139.
2851. Sundralingam, P.; Carmean, W.H. 1974. The effect of fertilization on the growth of newly planted *Pinus merkusii* in Bahau Forest Reserve. Malaysian Forester. 37(3): 161-166.
2852. Suri, S.K. 1970a. Letters on following article. Indian Forester. 96(10): 797-798.
2853. Suri, S.K. 1970b. Some studies on correlation of crown projection area and bole diameter in sal (*Shorea robusta*) as an aid to thinning. Indian Forester. 96(4): 288-292.
2854. Suri, S.K. 1975. Correlation studies between bole diameter and crown projection area as an aid to thinning. Indian Forester. 101(9): 539-554.
2855. Sutter, H. 1981. The construction of a tree tariff table and a yield table for *Gmelina arborea* in the Omo and Oluwa Forest Reserves. Document 10, FO:NIR/77/008. Lagos, Nigeria: Forest Department. [Páginas desconocidas].
2856. Sutton, S.L.; Whitmore, T.C.; Chadwick, A.C. 1983. Tropical rain forest: ecology and management. Special Publication 2. Oxford, UK: Blackwell Scientific publications, British Ecological Society. 512 p.
2857. Sutton, W.R.J. 1973. The importance of size and scale in forestry and the forestry industries. New Zealand Journal of Forestry. 18(1): 63.
2858. Svanqvist, N. 1976. Employment opportunities in the tropical moist forests under alternative silvicultural systems, including agri-silvicultural techniques. Document FO:FDT/76/6b. Rome, Italy: Food and Agriculture Organization of the United Nations, Committee on Forest Development in the Tropics. 14 p.
2859. Swabey, C. 1932. Some aspects of silviculture in Trinidad. Empire Forestry Journal. 11(2): 222-231.
2860. Swabey, C. 1937. Formation of the Forestry Branch, Lands Department, Jamaica. Empire Forestry Journal. 16(2): 215-216.
2861. Swabey, C. 1939. Forestry and erosion in Haiti and Puerto Rico. Bull. 21. Kingston, Jamaica: Department of Science and Agriculture. 10 p.
2862. Swabey, C. 1940. Blue mahoe of Jamaica. Caribbean Forester. 1(4): 11-12.
2863. Swabey, C. 1945. Forestry in Jamaica. Bull. 1. Kingston, Jamaica: Forest Department. 44 p.
2864. Swabey, C. 1950. Forestry in Dutch Guiana. Empire Forestry Review. 29(2): 125-131.
2865. Swabey, C. 1954. Silviculture of musizi (*Maesopsis eminii*). Tech. Note 10. Entebbe, Uganda: Forestry Department. 3 p.
2866. Swami, S.K.; Shah, S.A. 1958. Standardization of terms for silvicultural systems in India. Indian Forester. 84(1): 30-37.
2867. Swan, H.S.D. 1965. Reviewing the scientific use of fertilizers in forestry. Journal of Forestry. 63(7): 501-508.
2868. Swan, H.S.D. 1968. The fertilization of man-made forests. En: Proceedings, FAO world symposium on man-made forests and their industrial importance; 1967 April 14-24; Canberra, Australia. Rome, Italy: Food and Agriculture Organization of the United Nations: 415-434.
2869. Swan, H.S.D. 1969. Fertilizers, their role in reforestation. Woodland Papers 9. Ottawa, Canada: Pulp and Paper Research Institute of Canada. 12 p.
2870. Sweet, G.B.; Burdon, R.D. 1983. The radiata pine monoculture: an examination of the ideologies. New Zealand Journal of Forestry. 28(3): 325-326.
2871. Sweet, G.B.; Wareing, P.F. 1966. The relative growth rates of large and small seedling in forest tree species. Forestry 39. (Supplement): 110-117.
2872. Sweet, J.M. 1946. Formation of fuel plantations with kumri in dry areas. Indian Forester. 72(5): 210-211.
2873. Swift, M.J.; Heal, O.W.; Anderson, J.M. 1979. Decomposition in terrestrial ecosystems. Oxford, UK: Blackwell Scientific Publications. [Páginas desconocidas].

2874. Symington, C.F. 1933. The study of secondary growth on rain forest sites in Malaya. *Malayan Forester*. 2: 107-117.
2875. Synge, H., editor. 1980. The biological aspects of rare plant conservation. New York, NY. John Wiley. 558 p.
2876. Synnott, T.J. 1977. Monitoring tropical forests: a review with special reference to Africa. *Marc Rep.* 5. London, UK: University of London, Monitoring and Assessment Research Centre. 45 p.
2877. Synnott, T.J. 1979. Tropical rain forest silviculture: a research project report. *Occasional Pap.* 10. Oxford, UK: University of Oxford, Department of Forestry, Commonwealth Forestry Institute. 45 p.
2878. Synnott, T.J.; Kemp, R.H. 1976. Choosing the best silvicultural system. *Unasylva*. 28(112/113): 74-79.
2879. Tagudar, E.T. 1967. A silvicultural treatment of a tropical forest in the Philippines for sustained-yield management with special reference to the operations of the Bislig Bay Lumber Company. *Philippine Lumberman*. 13(3): 30-33.
2880. Tagudar, E.T. 1978. Forest regeneration practices in the Paper Industries Corporation of the Philippines. *Handb.* No. 3. Manila, Philippines: Paper Industries Corporation. 34 p.
2881. Tagudar, E.T. 1979. Enrichment planting with fast growing species: a new silvicultural tool for increasing yield of cut-over forests. [Seminar on management of dipterocarp forests]. Manila, Philippines: Paper Industries Corporation of the Philippines. 21 p.
2882. Tagudar, E.T.; Gianan, N. 1970. Development of a *Eucalyptus deglupta* (Blume) plantation inside the Bislig Bay Lumber Company. *Occasional Pap.* 40. Manila, Philippines: Bureau of Forestry. 5 p.
2883. Tagudar, E.T.; Quintana, P.O. 1957. Tractor selective logging techniques practiced by the Nasipit Lumber Company. *Philippine Journal of Forestry*. 13(3/4): 221-233.
2884. Tahir, M.A.; Ali, M.A. 1974. Effect of 100 years' cultivation and tree plantation on a model soil of the Punjab Doabs. *Pakistan Journal of Forestry*. 24(3): 200-208.
2885. Takeuchi, M. 1960. A estrutura da vegetação na Amazonia. 1. A mata pluvial tropical. *Boletim Museu Paraense Emilio Goeldi (Belem)*. 8. 523-533.
2886. Takeuchi, M. 1961. The structure of the Amazonian vegetation. Tropical rain forest. *Journal of the Faculty of Sciences, University of Tokyo*. 3(8): 1-26.
2887. Takeuchi, M. 1962. The structure of the Amazonian vegetation. 4. Igapo. *Journal of the Faculty of Sciences, University of Tokyo*. 8(7): 297-304.
2888. Takle, G.G.; Muyumdar, R. B. 1956. Increasing growth and natural regeneration of teak. *Indian Forester*. 82(1): 8-21.
2889. Talukdar, H.P. 1948. Taungya system in West Bengal. *Indian Forester Ranger College Annals*. Dehra Dun, India: Forest Research Institute: 78-80.
2890. Tamari, C. 1976. Phenology and seed storage trial of dipterocarps. *Res. Pamphlet* 69. Kuala Lumpur, Malaysia: Forest Research Institute. 75 p.
2891. Tamayo, F. 1963. Habitat de mamíferos Venezolanos. *Boletín del Instituto Forestal Latino Americano de Investigación y Capacitación*. 11: 6-30.
2892. Tang, H.T. 1971. Preliminary tests on the storage and collection of some *Shorea* species seeds. *Malayan Forester*. 34(2): 84-98.
2893. Tang, H.T. 1974. A brief assessment of the regeneration system for hill forests in Peninsular Malaysia. *Malaysian Forester*. 37(4): 263-270.
2894. Tang, H.T.; Haron, H.A.H.; Cheah, E.K. 1981. Mangrove forests of Peninsular Malaysia--a review of management and research objectives and priorities. *Malaysian Forester*. 44(1): 77-86.
2895. Tang, H.T.; Wadley, H.E. 1976a. A guide to artificial regeneration with particular reference to line-planting in Peninsular Malaysia. *Res. Pamphlet* 68. Kuala Lumpur, Malaysia: Forest Research Institute. 41 p.
2896. Tang, H.T.; Wadley, H.E. 1976b. Report on the survival and development survey of areas reforested by line-planting in Selangor. *Res. Pamphlet* 67. Kuala Lumpur, Malaysia: Forest Research Institute. 30 p.
2897. Taniputra, B.; Madjenu, M. 1980. Recent development of the oil palm industry in Indonesia. *Indonesian Agricultural Research and Development Journal*. 2(3): 59-62.
2898. Tanner, E.V. 1977. Four montane rainforests of Jamaica: a quantitative characterization of the floristics, the soils and the foliar mineral levels, and a discussion of the interrelations. *Journal of Ecology* 65(3):883-918.
2899. Tanner, E.V.J.; Kapos, V. 1991. Hurricane effects on forest ecosystems in the Caribbean. *Biotropica*. 23(4a): 513-521.
2900. Tansley, A.G. 1944. Ecological principles involved in the practice of forestry. *Journal of Ecology*. 32: 83-89.
2901. Tansley, A.G.; Chipp, T.F. 1926. Biotic factors: En: *Arms and methods in the study of vegetation*. London, UK: British Empire Vegetable Committee. 140-151.[Cited by Burtt-Davy]
2902. Tariel, J. 1952. Rapport du territoire de Moyen-Congo. En: *Proceedings, 1re conférence forestière interafricaine; 1951. Abidjan, Côte d'Ivoire*: [Lugar de publicación/ editorial desconocidos]. 333-343.
2903. Tariel, J. 1966. Le teck en Côte d'Ivoire. *Bois et Forêts des Tropiques*. 107: 27-47.
2904. Tariel, J.; Groulez, J. 1958. Les plantations de limba au Moyen-Congo. *Bois et Forêts des Tropiques*. 612: 9-25.
2905. Tarrant, R.F. 1961. Stand development and soil fertility in a Douglas-fir-red alder plantation. *Forest Science*. 7: 238-246.
2906. Taylor, C.J. 1954. Research methods and records connected with the tropical shelterwood system in the Gold Coast. *Empire Forestry Review*. 33(2): 150-157.
2907. Taylor, C.J. 1960. Synecology and silviculture in Ghana. Edinburgh, UK: Thomas Nelson and Sons, Ltd. 1023 p.

Bibliografía

2908. Teas, H.J., editor. 1984. Physiology and management of mangroves. Hingham, MA: DRW Junk Publishers. 106 p.
2909. Tennenat, R.B. 1975. Competition quotient in young *Pinus radiata*. New Zealand Journal of Forestry Science. 5(2): 230-234.
2910. Teoh, S.K. 1981. Soil suitability in relation to Caribbean pine growth and yield. Malaysian Forester. 44(1): 60-76.
2911. Terborgh, J. 1973. On the notion of favorableness in plant ecology. American Naturalist. 107(956): 481-501.
2912. Terborgh, J. 1976. Island biogeography and conservation: strategy and limitations. Science. 193: 1027-1029.
2913. Terborgh, J. 1986. Keystone plant resources in the tropical forests. En: Soule, M.E., editor. Conservation biology: the science of scarcity and diversity. Sinauer Associates, Sunderland, Massachusetts: 1330-1344.
2914. Tesha, P.V. 1968. Some impacts of beekeeping on the management of the miombo in Tanzania. Commonwealth Forestry Review. 47(3): 238-242.
2915. Teunissen, P.A.; Voorhoeve, A.G. 1973. A preliminary tree improvement programme with *Pinus caribaea* var *hondurensis* Barr and Golf in Surinam. En: Selection and breeding to improve some tropical conifers. Oxford, UK: Commonwealth Forestry Institute; Brisbane, Australia: Queensland Department of Forestry; 2: 267-276.
2916. Tham Chee Keong. 1979. Trials of *Acacia mangium* Willd. as a plantation species in Sabah. Occasional Pap. 1979/1. Rome, Italy: Food and Agriculture Organization of the United Nations: 32-39.
2917. Thangam, E.S. 1981. The future of mixed tropical hardwoods—an important renewable natural resource. Indian Forester. 107(11): 678-685.
2918. Theron, J.M. 1971. *Pinus kesiya* in Malawi. Res. Records 55. Lilongwe, Malawi: Forestry Research Institute. 17 p.
2919. Thirawat, S. 1952. Experience with exotic trees in Thailand. Document FAO/APFC-52/68. Rome, Italy: Food and Agriculture Organization of the United Nations. 28 p.
2920. Thirawat, S. 1953. Note on *Casuarina junghuhniana* with special reference to its experimental introduction into India. Indian Forester. 79(12): 636-642.
2921. Thirawat, S. 1955. The eucalypts for tropical climates. Indian Forester. 81(4): 224-247.
2922. Thogo, S.; Dyson, W.G. 1974. The growth of cypresses at Maguga Arboretum. Forestry Tech. Note 30. Nairobi, Kenya: East African Agriculture and Forestry Research Organization. 27 p.
2923. Thomas, A.S. 1940. Shade trees in Uganda and their relation to the cultivation of coffee and tea. East African Agricultural Journal. 5(4): 287-295.
2924. Thomas, J. 1957. Growth problems of *Pinus radiata* in South Australia. Australian Forester. 21(1): 23-29.
2925. Thomas, M.F. 1974. Tropical geomorphology. New York, NY: John Wiley. 332 p.
2926. Thompson, D.A.; Bretting, P.K.; Humphreys, M. 1986. Forest of Jamaica. Kingston, Jamaica: Institute of Jamaica Publications. 162 p.
2927. Thomson, B.R. 1968. A review of nursery techniques for tropical pines and eucalypts. Res. Pamphlet 15. Lusaka, Zambia: Division of Forest Research. 91 p.
2928. Thorne, R.F. 1973. Floristic relationships between tropical Africa and tropical America. En: Meggers, B.J.; Ayensu, E.S.; Duckworth, W.D., editores. Tropical forest ecosystems in Africa and South America: a comparative review. Washington, DC: Smithsonian Institution: 27-47.
2929. Thornthwaite, C.W. 1931. The climates of North America according to a new classification. Geographical Review. 21: 633-655.
2930. Thornthwaite, C.W. 1933. The climates of the Earth. Geographical Review. 23: 433-440.
2932. Thornthwaite, C.W. 1948. An approach toward a rational classification of climate. Geographical Review. 38: 55-94.
2933. Thornthwaite, C.W.; Hare, F.K. 1955. Climate classification in forestry. Unasylva. 9(2): 51-59.
2934. Thornthwaite, C.W.; Mather, J.R. 1957. Instructions and tables for computing potential evapotranspiration and the water balance. Publications in climatology. Centerton, NJ: Drexel Institute of Technology; 10(3): 183-311.
2935. Thulin, I.J.; Faulds, T. 1962. Grafting of eucalypts. New Zealand Journal of Forestry. 8(4): 664-667.
2936. Tigre, C.B. 1970. Porque reflorestamento de Poligono das secas. Fortaleza Ceara, Brazil: Departamento Nacional de Obras contra as Secas. 146 p.
2937. Tilton, R. 1961. Etude d'une parcelle de savane mise en defend (Republique Centrafricaine) reboisement artificiel ou naturel. Bois et Forêts des Tropiques. 77: 13-21.
2938. Tisseverasinghe, A.E.K.; Satchithanathan, S. 1957. The management of Sundapola Plantation. Ceylon Forester. 3(1): 82-93.
2939. Tiwari, K.M. 1970. Interim results of intercropping of miscellaneous tree species with main crop of taungya plantations to increase the productivity. Indian Forester. 96(9): 650-653.
2940. Tiwari, K.M. 1983. Forestry for the rural poor. Indian Forester. 109(1): 1-6.
2941. Tiwari, S.D.N. 1968. The concept of coppice with reserve systems. Indian Forester. 94(4): 303-314.
2942. Todd, J.D. 1953. The silvicultural problems of Mauritius. Special Subject. Oxford, UK: University of Oxford, Department of Forestry, Commonwealth Forestry Institute. 38 p.
2943. Toledo, M.V.M. 1976. Las estrategias adaptativas de las plantas de selvas tropicales: una revisión. En: Investigaciones sobre la regeneración de selvas altas en Veracruz, México. Veracruz, Mexico: Compañía Editorial Continental: 566-578.

2944. Tomboc, C.C. 1972. Progress of plant introduction studies of tree species in the Philippines. Res. Note 80. Manila, Philippines: Bureau of Forestry. 7 p.
2945. Tomboc, C.C. 1977. Growth, yield and economic rotation of bagras (*Eucalyptus deglupta*) pulp timber in PICOP plantations (Mindanao). Part 2: yield model. Sylvatrop. 2(2): 117-126.
2946. Tomboc, C.C.; Bruzon, J.B. 1979. Ten-year dynamics of logged-over forests in Surigao del Sur. 4(3): 103-122.
2947. Tomlinson, P.B. 1986. The botany of mangroves. Cambridge, UK: Cambridge University Press. 413 p.
2948. Tomlinson, P.B.; Gill, A.M. 1973. Growth habits of tropical trees: some guiding principles. En: Meggers, B.J.; Ayensu, E.S.; Duckworth, W.D., editores. Tropical forest ecosystems in Africa and South America: a comparative review. Washington, DC: Smithsonian Institution: 129-143.
2949. Tomlinson, P.B.; Zimmerman, M.H., editores. 1978. Tropical trees as living systems. En: Proceedings, 4th Cabot Symposium, Harvard Forest; 1976 April 26-30; Petersham, MA: Cambridge, UK: Cambridge University Press. 675 p.
2950. Tondeur, G. 1955. Shifting cultivation in the Belgian Congo. Unasylva. 9(2): 67-71.
2951. Tongacan, A.L. 1971. Gutta-percha. Tech. Note 105. Manila, Philippines: Forest Products Research and Industries Development Commission. 2 p.
2952. Tongacan, A.L. 1972. Manila elemi. Tech. Note 122. Manila, Philippines: Forest Products Research and Industries Development Commission. 2 p.
2953. Tongacan, A.L. 1973. Debarking, yield and tannin content of 7 Philippine tanbark species. Tech. Note 133. Manila, Philippines: Forest Products Research and Industries Development Commission. 3 p.
2954. Tosi, J.A. 1960. Zonas de vida natural en el Perú. Memoria explicativa sobre el mapa ecológico del Perú. Bol. Tec. 5. Turrialba, Costa Rica: Instituto Interamericano de Ciencias Agrícolas, Zona Andina, Proyecto 39. 271 p.
2955. Tosi, J.A. 1975. Some relationships of climate to economic development in the Tropics. En: The use of ecological guidelines for development in the American humid Tropics. Morges, Switzerland: International Union for the Conservation of Nature and Natural Resources: 41-58.
2956. Touber, L.; Smaling, E.M.A.; Andriesse, W. y otros. 1989. Inventory and evaluation of tropical forest land. Tropenbos Tech. Series 4. Utrecht, Netherlands: Tropenbos. 170 p.
2957. Touzet, C. 1972. Les plantations forestières en mottes. Bois et Forêts des Tropiques. 142: 3-13.
2958. Townshend, G.M. 1952. Agri-silviculture, note to the editor. Empire Forestry Review. 31(3): 225-226.
2959. Trehan, R.K.; Newman, L.; Park, W.R. 1980. Potential for energy farm in the Dominican Republic. McLean, VA: Mitre Corporation. 61 p.
2960. Trejo Perez, L. 1976. Diseminación de semillas por aves en "los tuxtlas", Ver. En: Investigaciones sobre la regeneración de selvas altas en Veracruz, México. Veracruz, Mexico: Compañía Editorial Continental: 447-470.
2961. Trenbath, B.R. 1974. Biomass productivity of mixtures. Advances in Agronomy. 26: 177-210.
2962. Trevor, C.G. 1923. Review of Indian forest management. Empire Forestry Journal. 2(2): 243-248.
2963. Trewartha, G.T. 1968. An introduction to climate. New York, NY: McGraw-Hill. 408 p.
2964. Trimble, G.R. 1969. Diameter growth of individual hardwood trees. Res. Pap. NE-145. Upper Darby, PA: U.S. Department of Agriculture, Forest Service, North-eastern Forest Experiment Station. 25 p.
2965. Trist, A.R. 1956. The planning of forestry research. Australian Journal of Science. 18(5A): 130-139.
2966. Troll, C. 1958. Tropical mountain vegetation. En: Proceedings, 9th Pacific science congress; 1957 November 18-December 9; Bangkok, Thailand. Bangkok, Thailand: Chulalongkorn University, Department of Science. [Páginas desconocidas].
2967. Troup, R.S. 1921. The silviculture of Indian trees. Oxford, UK: Clarendon Press. 1195 p.
2968. Troup, R.S. 1932. Exotic forest trees in the British Empire. Oxford, UK: Clarendon Press. 259 p.
2969. Troup, R.S. 1952. Silvicultural systems. [Revised by Jones, E. W.] Oxford, UK: Clarendon Press. 216 p.
2970. Tschinkel, H.M. 1965. Algunos factores que influyen en la regeneración natural de *Cordia alliodora* (Ruiz and Pav.) Cham. Turrialba. 15(4): 317-324.
2971. Tschinkel, H.M. 1967. La madurez y el almacenamiento de semillas de *Cordia alliodora* (Ruiz y Pav.) Cham. Turrialba. 17(1): 89-90.
2972. Tschinkel, H.M. 1972a. Factors limiting the growth of plantations of *Cupressus lusitanica* in Antioquia, Colombia. Revista Facultad Nacional de Agronomía. 27(2): 3-55.
2973. Tschinkel, H.M. 1972b. Growth, site factors, and nutritional status of *Cupressus lusitanica* plantations in the highlands of Colombia. Hamburg, Federal Republic of Germany: Fachbereich Geowissenschaften der Universität. 165 p.
2974. Tufuor, K. 1973. Rooting cuttings from young *Pinus caribaea* var *hondurensis*. Technical Newsletter. Kumasi, Ghana: Forest Products Research Institute, Council for Scientific and Industrial Research; 7(1/2): 8-11.
2975. Turnbull, J.W. 1972a. The natural stands of *Pinus merkusii* Jungh. and de Vriese in the Philippines. En: Selection and breeding to improve some tropical conifers. Oxford, UK: Commonwealth Forestry Institute; Brisbane, Australia: Queensland Department of Forestry: 98-106.

Bibliografía

2976. Turnbull, J.W. 1972b. *Pinus kesiya* Royle ex Gordon (syn. *P. khasya* Royle; *P. insularis* Endlicher) in the Philippines. En: Selection and breeding to improve some tropical conifers. Oxford, UK: Commonwealth Forestry Institute; Brisbane, Australia: Queensland Department of Forestry: 43-53.
2977. Turnbull, J.W. 1984. Six phyllodinous *Acacia* species for planting in the humid tropical lowlands. Pesquisa Agropecuaria Brasileira. 19: 69-73.
2978. Turnbull, J.W., editor. 1986. Multipurpose Australian trees and shrubs. Canberra, Australia: Australian Centre for Agricultural Research. 316 p.
2979. Turnbull, K.J. 1963. Population dynamics in mixed forest stands. A system of mathematical models of mixed stand growth and structure. Seattle, WA: University of Washington. 196 p.
2980. Turner, J. 1982. Long-term superphosphate trial in regeneration of *Pinus radiata* at Belanglo State Forest, N.S.W. Australian Forest Research. 12: 1-9.
2981. Turvey, N.D. 1974. Water in the nutrient cycle of a Papuan rain forest. Nature. 251:414-415.
2982. Ubhayakar, P. G. 1953. A note on coastal plantations of *Casuarina equisetifolia* in North Kenara. Indian Forester. 79(8):446-452.
2983. Uebelhor, K.; Hernandez, A.; von der Heyde, B. 1989. Timber stand improvement--a chance for the Philippine dipterocarp forest. En: Bruenig, E.F.; Poker, J., editores. Management of tropical rain forest. Proceedings of an international symposium at the German Foundation for International Development; 15-21 January 1989; Feldafing, Federal Republic of Germany. Baden Baden: Nomos Verlagsgesellschaft; 49-57.
2984. Ueda, K. 1960. Studies on the physiology of bamboo with reference to practical application. Tokyo, Japan: Prime Minister's Office, Resources Bureau, Science and Technical Agency. 167 p.
2985. Ugalde Arias, L.A. 1980. Rendimiento y aprovechamiento de dos intensidades de raleos selectivos en *Eucalyptus deglupta* Blume, en Turrialba, Costa Rica. Turrialba, Costa Rica: Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza. 4 p.
2986. Ugalde Arias, L.A. 1983. Tablas de volumen para *Pinus caribaea* var *hondurensis* en la reserva forestal la Yeguada, Panama. Turrialba. 33(3): 277-286.
2987. Uhl, C. 1982. Recovery following disturbances in the Amazon rain forest of Venezuela. Interciencia. 7(1): 19-24.
2988. Uhl, C.; Murphy, P. 1981. A comparison of productiveness and energy values between a slash and burn agriculture and secondary succession in the upper Rio Negro region of the Amazon basin. Agro-ecosystems. 7: 63-83.
2989. U Kyaw Zan. 1953. Note on the effect of 70 years treatment under selection system and fire protection in the Kangyi Reserve. Burmese Forester. 3(1): 11-18.
2990. Uribe Uribe, L. 1945. Arboles de sombra de los cafetales en Colombia. Caribbean Forester. 6(2): 82-84.
2991. Utleg, J.L.; Reyes, M.R. 1967. Evolution and trends in silvicultural techniques applied to natural forest in the Philippines. Philippine Lumberman. 13(4): 32-35, 39-40, 42-44.
2992. Vaclav, E. 1972. Seed stands and plus trees in Tanzania. Silvaecultura Tropica et Subtropica. 2: 57-68.
2993. Vaclav, E.; Skoupy, J. 1973. Growing of teak in Bangladesh. Silvaecultura Tropica et Subtropica. 2: 11-28.
2994. Vairetti, M.; Compano, P.; Molino, O. 1972. The growth of pines in northern Corrientes compared with that in Misiones. Boletín Asociación de Plantadores de Misiones. 7: 21-24.
2995. Vale, A.B.; de Barros, N.F.; Brandi, R.M. 1973. Estudo sobre o enriquecimento de mata secundária, com seis especies florestais. Revista Ceres. 20(109): 158-164.
2996. Valencia, A.R. 1973. Germination of Moluccan sau seeds soaked in hot water. Occasional Pap. 50. Manila, Philippines: Bureau of Forest Development. 6 p.
2997. van Beusekom, C.F.; Van Goor, C.P.; Schmidt, P. editores. 1987. Wise utilization of tropical forest lands. En: Proceedings of a Netherlands MAB-Unesco Symposium; 1984. Utrecht, Netherlands: Tropenbos Scientific Series 1987 No. 1 154 p.
2998. van Buijtenen, J.P.; Alexander, S.D.; Einspahr, D.W. 1975. How will tree improvement and intensive forestry affect pulp manufacture. Tappi. 58(9): 129-134.
2999. Vanclay, J.K. 1983. Optimum sampling of sample trees for volume equations. Res. Note 35. Brisbane, Australia: Queensland Department of Forestry. 15 p.
3000. van Dam, C.E.; Hettema, A. 1988. Proyecto comunal de reforestación. Lima, Peru: Proyecto FAO/Holanda/ INFOR. 166 p.
3001. van den Beldt, R.; Brewbaker, J. 1984. *Leucaena* wood production and use. Wainmanalo, HI: Nitrogen-fixing Tree Association. 50 p.
3002. van den Beldt, R.J.; Napompeth, B. 1992. *Leucaena* psyllid comes to Africa. Agroforestry Today. 1(4): 11-12.
3003. van der Hammen, T. 1963. A palynological study of the Quarternary of British Guiana. Leidse Geologische Mededelingen. 29: 125-180.
3004. van der Hammen, T. 1972. Changes in vegetation and climate in the Amazon Basin and surrounding areas during the Pleistocene. Geologie in Mijnbouw. 51: 641-643.
3005. van der Hammen, T. 1974. The Pleistocene changes of vegetation and climate in tropical South America. Journal of Biogeography. 1: 3-26.
3006. van der Hammen, T.; Gonzalez, A.E. 1960. Upper Pleistocene and Holocene climate and vegetation of the Sabana de Bogota. Leidse Geologische Mededelingen. 25: 126-315.

3007. van der Hammen, T.; Werner, J.H.; van Dommelen, H. 1973. Palynological record of the upheaval of northern Andes, a study of the Pliocene and lower Quaternary of the Colombian Eastern Cordillera and the early evolution of its high-Andean biota. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*. 16: 1-24.
3008. van der Hammen, T.; Wijmstra, T.A. 1964. A palynological study of the Tertiary and upper Cretaceous of British Guiana. *Leidse Geologische Mededelingen*. 30: 183-241.
3009. van der Hammen, T.; Wijmstra, T.A.; Zagwijn, W.H. 1971. The floral record of the late Cenozoic of Europe. En: Turekian, K.K., editor. *The late Cenozoic glacial ages*. p. 391-424. [Lugar de publicación/editorial desconocidos].
3010. van der Ploeg, S.W.F.; Vlijm, L. 1978. Ecological evaluation: nature conservation and land use planning with particular reference to methods used in the Netherlands. *Biological Conservation*. 14(3): 197-221.
3011. van der Sijde, H.A. 1975. An investigation into the extent of edge effects in research plots. *Forestry in South Africa*. 16: 27-29.
3012. van der Weert, R. 1974. Influence of mechanical clearing on soil conditions and the resulting effects on root growth. *Tropical Agriculture*. 51(2): 325-333.
3013. van Geel, B.; van der Hammen, T. 1973. Upper Quaternary vegetational and climate sequence of the Fuquene area (Eastern Cordillera, Colombia). *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*. 14: 9-92.
3014. van Goor, C.P. 1965. Afforestation with conifers in Brazil. *Boletim Setor de Inventários Florestais* 9. Rio de Janeiro, Brazil: Ministerio de Agricultura, Departamento Recursos Naturais Renováveis, Divisão de Silvicultura, Seção de Pesquisas Florestais. 58 p.
3015. van Laar, A. 1961. *Eucalyptus saligna* in South Africa: an investigation into the silviculture and economics. *Annals Universiteit eit van Stellenbosch*. 36A(1): 110.
3016. van Laar, A. 1982. Sampling for above-ground biomass for *Pinus radiata* in the Bosboukloví Catchment at Jonkershoek. *South African Forestry Journal*. 123: 8-13.
3017. van Melle, G. 1989. Tree species elimination trials. San Antao, República de Cabo Verde: Ministerion de Desenvolvimento Rural, San Antao Rural Development Project. 33 p.
3018. Vanniere, B. 1975. Management possibilities of tropical high forest in Africa. Provisional document for FAO Committee on Forest Development in the Tropics. Rome, Italy: Food and Agriculture Organization of the United Nations. 62 p.
3019. van Steenis, C.G.G.J. 1958a. Rejuvenation as a factor for judging the status of vegetation types: the biological nomad theory. En: *Proceedings, Kandy symposium*; 1956 March 19-21; Ceylon. Colombo, Ceylon: [Editorial desconocida]. 212-215.
3020. van Steenis, C.G.G.J. 1958b. Tropical lowland vegetation: the characteristics of its types and their relation to climate. En: *Proceedings, 9th Pacific science congress*; 1957 November 18-December 9; Bangkok, Thailand. Bangkok, Thailand: Chulalongkorn University, Department of Science; 20: 25-27.
3021. van Steenis, C.G.G.J. 1969. Plant speciation in Malesia, with special reference to the theory of non-adoptive saltatory evolution. *Biological Journal of the Linnean Society*. 1: 99-133.
3022. van Steenis, C.G.G.J. 1972. The mountain flora of Java. Leiden, Netherlands: E.J. Brill. 90 p.
3023. van Valen, L. 1975. Life, death, and energy of a tree. *Biotropica*. 7(4): 260-269.
3024. van Wambeke, A. 1978. Properties and potentials of soils in the Amazon Basin. *Interciencia*. 3(4): 233-242.
3025. Varmak, J.C. 1976. Forest management in Andamans. *Indian Forester*. 102(2): 73-85.
3026. Vazquez-Yanes, C. 1974. Studies on the germination of seeds of *Ochroma lagopus*, Swartz. *Turrialba*. 24(2): 176-179.
3027. Vazquez-Yanes, C. 1976. Estudios sobre ecofisiología de la germinación en una zona cálido-húmeda de México. En: Gomez-Pompa, A.; Vazquez-Yanes, C.; S. del Amo, C. [y otros], editores. *Regeneración de selvas--investigaciones sobre la regeneración de selvas altas en Veracruz, México*. Veracruz, Mexico: Compañía Editorial Continental: 279-387.
3028. Vega C., L. 1974. Influencia de la silvicultura sobre el comportamiento de *Cedrela* en Surinam. *Boletín del Instituto Forestal Latino Americano de Investigación y Capacitación*. 46/48: 57-86.
3029. Vega C., L. 1976. *Bagassa guianensis* Aubl. una especie forestal de rápido crecimiento del trópico americano. *Boletín del Instituto Forestal Latino Americano de Investigación y Capacitación*. 50: 3-28.
3030. Vega C., L. 1977. La silvicultura de *Cordia alliodora* (R&P) Oken como especie exótica en Surinam. *Boletín del Instituto Forestal Latino Americano de Investigación y Capacitación*. 52: 2-26.
3031. Vega C., L. 1978. Plantaciones de *Cordia alliodora* en combinación con cultivos agrícolas, una alternativa de manejo en Surinam. *Boletín del Instituto Forestal Latino Americano de Investigación y Capacitación*. 53: 21-38.
3032. Veillon, J.P. 1960. Bases económicas y ecológicas para la introducción de coníferas tropicales centroamericanas en Venezuela. *Boletín del Instituto Forestal Latino Americano de Investigación y Capacitación*. 5: 46-94.
3033. Veillon, J.P. 1963. Relación de ciertas características de la masa forestal de los bosques de unas zonas bajas de Venezuela con el factor climático: humedad pluvial. *Boletín* 3. Merida, Venezuela: Universidad de los Andes, Facultad de Ciencias Forestales. 45 p.
3034. Veillon, J.P. 1965. Variación altitudinal de la masa forestal de los bosques primarios en la vertiente noroccidental de la Cordillera de los Andes, Venezuela. *Turrialba*. 15(3): 216-224.

Bibliografía

3035. Veillon, J.P. 1974. Relaciones entre los bosques naturales y el clima en diferentes zonas ecológicas del noroccidente de Venezuela. Merida, Venezuela: Universidad de los Andes, Facultad de Ciencias Forestales. 42 p.
3036. Veillon, J.P. 1977. Las deforestaciones en la region de los llanos occidentales de Venezuela desde 1950 a 1975. *Revista Forestal Venezolana*. 17(27): 199-206.
3037. Veillon, J.P. 1985. El crecimiento de algunos bosques naturales de Venezuela en relación con los parámetros del medio ambiente. *Revista Forestal Venezolana* 29: 5-122.
3038. Veillon, J.P. 1986. Especies forestales autóctonos de los bosques naturales de Venezuela. Merida, Venezuela: Instituto Forestal Latinoamericano. 199 p.
3039. Veillon, J.P. 1988. Los bosques naturales de Venezuela, Part I, El medio ambiente. Merida, Venezuela: Universidad de los Andes. 153 p.
3040. Veillon, J.P.; Quintero, A.; Milano, R. 1977. Estimación del volumen total de los árboles y de la masa forestal de algunos tipos de bosques naturales venezolanos. *Revista Forestal Venezolana*. 17(27): 71-98.
3041. Vela Galvez, L. 1976. Los bambues. *Bol. Tec.* 50. Ciudad Mexico, Mexico: Instituto Nacional de Investigaciones Forestales. 38 p.
3042. Velma, D.P.S. 1988. Fuel fodder from village woodlots: a Guajaray (India) experience. *Agroforestry Systems*. 7: 77-93.
3043. Veloso, H.P. 1962. Os grandes climaxes do Brasil. 2. Considerações gerais sobre a vegetação da região amazônica. *Memorias Instituto Oswaldo Cruz*. 60(3): 393-403.
3044. Venegas Tovar, L. 1978. Distribución de once especies forestales en Colombia. Rome, Italy: Food and Agriculture Organization of the United Nations, Proyecto de Investigaciones y Desarrollo Industrial Forestales COL/74/005. 74 p.
3045. Venkataramany, P. 1956. Underplanting of teak plantations in Madras State. *Indian Forester*. 82(5): 225-236.
3046. Venkataramany, P. 1960a. I. Farm forestry, what it is and why it should be adopted in agricultural farms in Madras State. II. Choice of species for farm forestry operations in Madras State. En: *Proceedings, farm forestry symposium*. 1958. New Delhi, India: Dehra Dun, India: Forest Research Institute. 261-273.
3047. Venkataramany, P. 1960b. Progress of research on the artificial regeneration of teak in the Madras State, 1926 to 1956. En: *Proceedings, 9th silvicultural conference*; 1957 November 18-December 9; Bangkok, Thailand. Dehra Dun, India: Forest Research Institute: 75-83.
3048. Venkataramany, P. 1960c. Teak plantations--thinning research. En: *Proceedings, 9th silvicultural conference*; 1957 November 18-December 9; Bangkok, Thailand. Dehra Dun, India: Forest Research Institute; 2: 33-38.
3049. Venkatesan, K.R. 1966. The mangrove of Madras State. *Indian Forester*. 92(1): 27-34.
3050. Venkatesan, K.R. 1973. *Casuarina* cultivation in Tamil Nadu. En: *Proceedings, Symposium on man-made forests in India*. 1972. Dehra Dun, India: Dehra Dun, India, Society of Indian Foresters; 3: 43-45.
3051. Venkatesh, C.S. 1976. Expected genetic gains from forest tree breeding. *Indian Forester*. 102(6): 402-407.
3052. Vergara, N.T. 1985. Agroforestry issues, snags, and strategies. *Tropical Forests*. 2(1): 5-13.
3053. Versteegh, F. 1952. Problems of silviculture and management of mangrove forests in Indonesia. Document FAO/APFC-52/77. Rome, Italy: Food and Agriculture Organization of the United Nations; Asia-Pacific Forestry Commission. 5 p.
3054. Versteegh, F. 1955. Algemene richtlinie voor het beheer der schermbossen in Indonesie--General lines for the management of protection forest in Indonesia. *Rimba Indonesia*. 4(9/12): 481-490.
3055. Versteegh, P.J.D. 1979. The effect of plot size and plot spacing on the precision of line plot sampling in a tropical rain forest. *ITC Journal*. 2: 277-291.
3056. Vicente-Chandler, J. 1978. Conceptos, plan y programa para una agricultura moderna en Puerto Rico. San Juan, PR: Government of Puerto Rico, Department of Agriculture. 539 p.
3057. Vicente-Chandler, J.; Abruna, F.; Silva, S. 1966. Effect of shade trees on yields of five crops in the humid mountain region of Puerto Rico. *Journal of Agriculture of the University of Puerto Rico*. 50(3): 218-225.
3058. Victor, M.A.M.; do Nascimento Kronka, F.J.; Correa de Negreiros, O. 1972. Evolución, estado actual y perspectivas de los bosques exóticos en San Pablo. En: *Proceedings, 7th world forestry congress*; 1972 October 4-18; Buenos Aires, Argentina. Buenos Aires, Argentina: Centro Cultural General San Martin; 2: 1696-1707.
3059. Victor, M.A.M.; Yamazoe, G.; Gurgel Filho, O.A. 1974. The sustainability of kiri, *Paulownia* spp. for cultivation in the State of São Paulo. *Bol. Tec.* 8. São Paulo, Brazil: Instituto Florestal. 105 p.
3060. Victor, M.A.M.; Yamazoe, G.; Gurgel Filho, O.A. 1974. Viabilidade cultural do kiri, *Paulownia* spp. no estado de São Paulo. *Boletín Técnico* 8. São Paulo, Brazil: Instituto Florestal. 105 p.
3061. Vieira, A.N. 1972. Aspectos silviculturais do "pau rosa" (*Aniba duckei* kostermans). 2. Estudos sobre métodos de propagação. *Acta Amazonica*. 2(1): 51-58.
3062. Vieira, V. 1967. *Pinus caribaea* on the white sands in Guyana. *Commonwealth Forestry Review*. 46(4): 316-322.
3063. Vietmeyer, N. 1981. Underexploited plant and animal resources for developing country agriculture. En: *Background papers for innovative biological technologies for lesser developed countries*. Washington, DC: U.S. Congress, Office of Technological Assessment: 485-511.

3064. Vignal, P. 1956. Les reboisements en *Pinus patula* de la Haute-Malsiatra. Bois et Forêts des Tropiques. 45: 15-25.
3065. Villa Nova, M.A.; Matsui, E.; Salati, E. 1976. Estimativa da evapotranspiração na bacia amazônica. Acta Amazonica. 6(2): 215-228.
3066. Villiers, P.C. de. 1971. Silviculture of exotic conifers in South Africa: a critical evaluation. Forestry in South Africa. 12: 1-9.
3067. Villiers, P.C. de; Marsh, E.K.; Sonntag, A.E. 1961. The silviculture and management of exotic conifer plantations in South Africa. En: Proceedings, 5th world forestry congress; 1960 August 29-September 10; Seattle, WA. Seattle, WA: University of Washington: 389-396.
3068. Vincent, A.J. 1961. The value of periodic girth measurement taken for individual trees of single species from tropical evergreen rain forest. En: Proceedings, 13th congress of the International Union of Forest Research Organizations; 1961 September; Vienna, Austria. Vienna, Austria: International Union of Forest Research Organizations: 25/5-S-3.
3069. Vincent, L.W. 1970. Plantaciones de *Pinus caribaea* var. *hondurensis* en Surinam. Revista Forestal Argentina. 13(19/20): 27-59.
3070. Virtucio, F.D. 1976. Tree growth as a function of specific gravity. Philippine Forest Research Journal. 1: 9-14.
3071. Volkart, C. 1963. Contribución al estudio del crecimiento de especies coníferas en la provincia de Misiones, Argentina. Revista Forestal Argentina. 7(2): 45-47.
3072. Volpato, E.; Schmidt, P.B.; Araujo, V.C. de. 1973. Situação dos plantios experimentais na Reserva Florestal Ducke. Acta Amazonica. 3(1): 71-82.
3073. von Maydell, Hans-Jurgen. 1984a. Possibilities of increasing the human-ecological carrying capacity of semiarid tropical and subtropical mountain regions by agroforestry land-use practices. Applied Geography and Development. 24: 102-111.
3074. von Maydell, Hans-Jurgen. 1984b. The role of forestry in rural development. Plant Research and Development. 19: 52-70.
3075. Voorhoeve, A.G.; Schulz, J.P. 1968. La necesidad de parcelas permanentes de clareo y rendimiento en plantaciones forestales. Boletín del Instituto Forestal Latino Americano de Investigación y Capacitación. 27/28: 3-17.
3076. Voorhoeve, A.G.; van Weelderen, A.W.H. 1971. Nursery practice of *Pinus caribaea* var. *hondurensis* in Surinam. Turrialba. 21(1): 89-97.
3077. Vos, A. de. 1975. Africa, the devastated continent? Man's impact on the ecology of Africa. Monographiae Biologicae 26. The Hague, Netherlands: W. Junk. 236 p.
3078. Vozzo, J.A.; Hacskeylo, E. 1971. Inoculation of *Pinus caribaea* with ectomycorrhizal fungi in Puerto Rico. Forest Science. 17(2): 239-245.
3079. Vries, P.G. de. 1966. Some data on stem form and stem volume of young Caribbean pine in Surinam. En: Proceedings, 6th world forestry congress; 1966 June; Madrid, Spain. Barcelona, Spain: Comercial y Artes Gráficas: 1723-1725.
3080. Vuilleumier, B.S. 1971. Pleistocene changes in the fauna and flora of South America. Science. 173: 171-180.
3081. Vuokila, Y. 1965. Functions for variable density yield tables based on temporary sample plots. Communicationes Instituti Forestalis Fenniae. 60(4): 4-86.
3082. Wadsworth, F.H. 1943. Roble: a valuable forest tree in Puerto Rico. Caribbean Forester. 4(2): 59-76.
3083. Wadsworth, F.H. 1944. The development of a maria plantation on a poor site. Caribbean Forester. 5(4): 207-212.
3084. Wadsworth, F.H. 1945. Final report on the seed germination study of yagrumo macho. Memorandum for Record 669. Rio Piedras, PR: U.S. Department of Agriculture. 2 p.
3085. Wadsworth, F.H. 1947a. An approach to silviculture in tropical America and its application in Puerto Rico. Caribbean Forester. 8(4): 245-256.
3086. Wadsworth, F.H. 1947b. Growth in the lower montane rain forest of Puerto Rico. Caribbean Forester. 8(1): 27-43.
3087. Wadsworth, F.H. 1949. Growth, mortality, and yield of important associations in tropical forests. En: Yearbook of Caribbean Research, 1948. Port of Spain, Trinidad, Caribbean Conservation Association. 177.
3088. Wadsworth, F.H. 1951. Forest management in the Luquillo Mountains. I. Caribbean Forester. 12(3): 93-114.
3089. Wadsworth, F.H. 1952. Forest management in the Luquillo Mountains. 3. Selection of products and silvicultural policies. Caribbean Forester. 13(3): 93-119.
3090. Wadsworth, F.H. 1953. New observations of tree growth in tabonuco forest. Caribbean Forester. 14: 106-111.
3091. Wadsworth, F.H. 1958. Tropical rain forest. En: Proceedings, 4th world forestry congress; 1954 December 11-22; New Delhi, India. Dehra Dun, India: Government of India, Manager of Publications; 3: 119-129.
3092. Wadsworth, F.H. 1959. Growth and regeneration of white mangrove (*Laguncularia racemosa*) in Puerto Rico. Caribbean Forester. 20(3/4): 59-71.
3093. Wadsworth, F.H. 1960. Records of forest plantation growth in Mexico, the West Indies, and Central and South America. Caribbean Forester. 21 [Supplement]: 272 p.
3094. Wadsworth, F.H. 1961. Los bosques de Puerto Rico. Revista de Agricultura de Puerto Rico. 49(1): 78-86.
3095. Wadsworth, F.H. 1962. The regeneration of tropical forests by planting. En: Proceedings, 5th world forestry congress; 1960 August 20-September 10; Seattle, WA. Seattle, WA: University of Washington; 3: 1947-1952.

3096. Wadsworth, F.H. 1966. La orientación de las investigaciones de silvicultura para Latinoamérica. *Turrialba*. 16(4): 390-395.
3097. Wadsworth, F.H. 1968. Public forestry research in Latin America, its status and needs. Res. Pap. ITF-6. Rio Piedras, PR: United States Department of Agriculture, Forest Service, Institute of Tropical Forestry. 16 p.
3098. Wadsworth, F.H. 1969a. Investigaciones públicas de dasonomía en Latinoamérica, su estado y sus necesidades. *Boletín del Instituto Forestal Latinoamericano de Investigación y Capacitación*. 29: 3-18.
3099. Wadsworth, F.H. 1969b. Posibilidades futuras de los bosques del Paraguay. Asunción, Paraguay: Ministerio de Agricultura y Ganadería. 36 p.
3100. Wadsworth, F.H. 1971. Forestry potential and its development in Central America. En: Conservación del medio ambiente físico y el desarrollo, 1er seminario centroamericano sobre el medio ambiente físico y el desarrollo; 1971; Antigua, Guatemala. Washington DC: ICAITI; National Academy of Sciences: 171-189.
3101. Wadsworth, F.H. 1974. Natural forests in the development of the American humid Tropics. En: The use of ecological guidelines for development in the American humid Tropics. Publication 31. Morges, Switzerland: International Union for the Conservation of Nature and Natural Resources: 129-139.
3102. Wadsworth, F.H. 1975. Natural forests in the development of the American humid Tropics. En: The use of ecological guidelines for development in the American humid Tropics. Papers and Proceedings 8. Caracas, Venezuela: International Union for the Conservation of Nature and Natural Resources: 129-138.
3103. Wadsworth, F.H. 1978. The interaction between genotype, site, and silvicultural treatment and their effects on forest production for industrial development. En: Proceedings, 8th world forestry congress; 1978 October 16-28; Jakarta, Indonesia. Rome, Italy: Food and Agriculture Organization of the United Nations; 5: 947-957.
3104. Wadsworth, F.H. 1983. Production of useable wood from tropical forests. En: Golley, F.B., editor. Tropical rain forest ecosystems. A. Structure and functions. Amsterdam, Netherlands: Elsevier Scientific Publishing Company: 279-288.
3105. Wadsworth, F.H. 1987. Tree growth as a guide to the management of secondary tropical forests. En: Lugo, A.E.; Ewel, J.J.; Hacht, S.B. [y otros], editores. People and the tropical forest. Res. Report. Washington, DC: U.S. Man and the Biosphere (MAB) Program, Tropical and Subtropical Forests Directorate; 57-60
3106. Wadsworth, F.H.; Birdsey, R.A. 1985. A new look at the forests of Puerto Rico. *Turrialba*. 35(1): 11-17.
3107. Wadsworth, F.H.; Gaztambide, J.B. 1945. Forestry in the coffee region of Puerto Rico. *Caribbean Forester*. 6(2): 71-81.
3108. Wadsworth, F.H.; Perresol, B.R.; Figueroa Colon, J.C. 1989. Tree increment indicators in a subtropical wet forest. En: Wan Razali Wan Mohol; Chan, H.T.; Appanah, S. editores. Proceedings of the seminar on growth and yield in tropical mixed moist forests; 1988 June 20-24; Kuala Lumpur, Malaysia: Kuala Lumpur, Malaysia: Forest Research Institute: 205-212.
3109. Wadsworth, F.H.; Schubert, T.H. 1977. Especies adaptables a suelos forestales disponibles en Puerto Rico. *Revista Interamericana*. 7(2): 320-332.
3110. Wadsworth, R.M.; Lawton, J.R.S. 1968. The effect of light intensity on the growth of seedlings of some tropical tree species. *Journal of West African Science Associations*. 13(2): 211-214.
3111. Waelti, H. 1976. Forestry in a mountain development. *Forestry Chronicle*. 52(4): 183-188.
3112. Wagemans, J. 1958a. Multiplication of *Terminalia superba* (limba) en pepinière. En: Proceedings, 2e conférence forestière interafricaine; 1958, July 3-11. Pointe Noire, Congo: Brussels, Belgium, Ministry of Foreign Affairs. 129-139.
3113. Wagemans, J. 1958b. Quelques considerations sur la sylviculture du limba (*Terminalia superba* Engl. et Diels) au Mayumbe, Congo. En: Proceedings, 2e conférence forestière interafricaine; 1958, July 3-11. Pointe Noire, Congo. Brussels, Belgium: Ministry of Foreign Affairs. 341-352.
3114. Wakeley, P.C. 1954. Planting the southern pines. *Agric. Monograph* 18. Washington DC: U.S. Department of Agriculture. 233 p.
3115. Wakeley, P.C. 1969. Single commercial thinnings in variously spaced slash and loblolly pine plantations. Res. Pap. SO-48. New Orleans, LA: U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Southern Forest Experiment Station. 12 p.
3116. Wakeley, P.C. 1971. Relation of thirtieth-year to earlier dimensions of southern pines. *Forest Science*. 17(2): 200-209.
3117. Walker, F.S. 1938. Regeneration of klang mangroves. *Malayan Forester*. 7(2): 71-76.
3118. Walker, F.S. 1962. Diagnostic sampling in eastern Nigeria. *Malayan Forester* 25(2): 125-139.
3119. Walker, L.; Lodge, D.J.; Brokaw, N.V.L. y otros. editores. 1991. Ecosystem plant and animal responses to hurricanes in the Caribbean. *Biotropica*. 23(4a): 313-521.
3120. Walkins, G. 1960. Trees and shrubs for planting in Tanganyika. Dar-es-Salaam, Tanzania: Government Printer. 158 p.
3121. Walter, H. 1971. Ecology of tropical and subtropical vegetation. Edinburgh, UK: Oliver and Boyd. 539 p.
3122. Walter, H. 1973. Vegetation of the earth in relation to climate and the eco-physical conditions. New York, NY: Springer-Verlag. 237 p.

3123. Walter, H.; Box, E. 1976. Global classification of natural terrestrial ecosystems. *Vegetatio*. 32(2): 75-81.
3124. Walter, H.; Harnickell, E.; Mueller-Dombois, D. 1975. Climate-diagram maps of the individual continents and the ecological climatic regions of the Earth. [Supplement to Vegetation Monographs]. Berlin, Federal Republic of Germany: Springer-Verlag. 36 p.
3125. Walters, G.A. 1971. Survival and growth of *Saligna Eucalyptus* seedlings treated with a transpiration retardant in Hawaii. *Tree Planters Notes*. 22(1): 2-4.
3126. Walters, G.A. 1973. Growth of *Saligna Eucalyptus*--a spacing study after ten years. *Journal of Forestry*. 71(6): 346-348.
3127. Walters, G.A. 1975. Slow-release fertilizer aids early growth of Australian toona and Queensland maple in Hawaii. *Tree Planters Notes*. 26(3): 12-13.
3128. Walters, G.A.; Schubert, T.H. 1969. *Saligna Eucalyptus* growth in a five-year-old spacing study in Hawaii. *Journal of Forestry*. 67(4): 232-234.
3129. Walton, A.B. 1936. Experimental treatment plots: further indications and results. *Malayan Forester*. 5(2): 53-57.
3130. Walton, A.B. 1948. Some considerations for the future management of Malayan Forests. *Malayan Forester*. 11(2): 68-74.
3131. Walton, A.B. 1954. The regeneration of dipterocarp forests after high lead logging. *Empire Forestry Review*. 33(4): 338-344.
3132. Walton, A.B. 1968. The regeneration of dipterocarp forests after high lead logging. En: Proceedings, 4th world forestry congress; 1954 December 11-22; Dehra Dun, India. New Delhi, India: Government of India, Manager of Publications; 3: 495-502.
3133. Walton, A.B.; Barnard, R.C.; Wyatt-Smith, J. 1952. The silviculture of lowland dipterocarp forests in Malaya. En: Papers, 6th British Commonwealth forestry congress; 1952 September; Ottawa, Canada. Kuala Lumpur, Malaysia: Government Press. 16 p.
3134. Walton, J.G. 1928. Mangrove forests of the Malay Peninsula. *Malayan Forest Records*. 6: 275.
3135. Wanene, A.G. 1975. A provisional yield table for *Pinus patula* grown in Kenya. Tech. Note 143. Nairobi, Kenya: Forest Department. 26 p.
3136. Wang, T.T.; Su, S.P.; Chen, J.C. y otros. 1984. The growth and above-ground biomass of *Leucaena leucocephala* (in E. Taiwan) at various densities. *Quarterly Journal of Chinese Forestry*. 17(4): 13-25.
3137. Ward, H.K.; Cleghorn, W.B. 1964. The effects of ringbarking trees in *Brachystegia* woodland on the yield of veld grasses. *Rhodesia Agricultural Journal*. 61: 90-107.
3138. Wardle, P.A. 1967a. Practice and research in spacing, thinning, and pruning. Res. Development Pap. 34. London, UK: Forestry Commission. 16 p.
3139. Wardle, P.A. 1967b. Spacing in plantations: a management investigation. *Forestry*. 40(1): 47-69.
3140. Wardle, P.A. 1968. Practice and research in spacing, thinning, and pruning. En: Proceedings, FAO world symposium of man-made forests and their industrial importance; 1967 April 14-24; Canberra, Australia. Rome, Italy: Food and Agriculture Organization of the United Nations: 295-370.
3141. Wardle, P.A. 1985. World prospective for forestry beyond 2000. *Unasylva*. 37(147): 7-16.
3142. Waring, H.D. 1968. The role of nitrogen in the maintenance of productivity in conifer plantations. En: Proceedings, FAO world symposium of man-made forests and their industrial importance; 1967 April 14-24; Canberra, Australia. Rome, Italy: Food and Agriculture Organization of the United Nations; 2: 1249-1273.
3143. Waring, H.D. 1972. *Pinus radiata* and the nitrogen-phosphorous interaction. En: Boardman, R., editor. Proceedings, Australian forest tree nutrition conference; 1971 September 6-17; Canberra, Australia. Canberra, Australia, Forestry and Timber Bureau. 144-161.
3144. Warming, E.; Vahl, M. 1909. *Oecology of plants*. Oxford, UK: Clarendon Press. 422 p.
3145. Warsopranoto, R.S.; Soerjono, R.; Ardikusuma, R.I. 1966. Hasil pemeriksaan tanaman. *Maesopsis eminii* Engl. de bresatuan pemangkuan hutan. Bandung-Selatan. Rimba Indonesia. 11(1/4): 1-12.
3146. Wasan, K.; Bunwong, T. 1975. Some chemical properties of soil at Klang Dong teak plantation, Nakornradrasima Province. Res. Note 15. Kasetsart, Thailand: Kasetsart University, Faculty of Forestry. 11 p.
3147. Wasjutin, C. 1951. Perigos do reflorestamento com árvores exóticas. *Anuario Brasileiro de Economia Forestal*. 4(4): 196-201.
3148. Wassink, E.C. 1959. Efficiency of light energy conversion in plant growth. *Plant Physiology*. 34: 356-361.
3149. Wassink, J.T.; Wiselins, S.I. 1980. Marketing of tropical timber, a practical guide. Bull. 305. Amsterdam, Netherlands: Royal Tropical Institute, Department of Agricultural Research. 64 p.
3150. Watsen, D.J. 1952. The physiological basis of variation in yield. *Advances in Agronomy*. 4: 101-145.
3151. Watson, G.A. 1973. Soil and plant nutrient studies in rubber cultivation. Rep. FAO/IUFRO/F/73/24. Rome, Italy: Food and Agriculture Organization of the United Nations. 18 p.
3152. Watson, J.G. 1928. Mangrove forests of the Malay Peninsula. *Malayan Forest Records* 6. Singapore: Fraser & Neave, Ltd. 275 p.
3153. Watson, J.G. 1934. Sample plots in uneven-aged forest. *Malayan Forester*. 3: 149-153.
3154. Watson, J.G. 1935. Plantation experiments at Kepong. *Malayan Forester*. 4: 110-119.
3155. Watson, J.G. 1936. The regeneration of tropical rainforests. *Malayan Forester*. 5(1): 20-23.
3156. Watters, J.R.G. 1947. Neem in Sokoto Province. *Farm and Forest*. 8(1): 31-32.

Bibliografía

3157. Watters, R.F. 1960. The nature of shifting cultivation. *Pacific Viewpoint*. 1(1): 59-99.
3158. Watters, R.F. 1968a. La agricultura migratoria en México. Merida, Venezuela: Instituto Forestal Latinoamericano de Investigación y Capacitación. 94 p.
3159. Watters, R.F. 1968b. La agricultura migratoria en Perú. Merida, Venezuela: Instituto Forestal Latinoamericano de Investigación y Capacitación. 90 p.
3160. Watters, R.F. 1968c. La agricultura migratoria en Venezuela. Merida, Venezuela: Instituto Forestal Latinoamericano de Investigación y Capacitación. [Páginas desconocidas].
3161. Watters, R.F. 1971. Shifting cultivation in Latin America. Forestry Development Pap. 17. Rome, Italy: Food and Agriculture Organization of the United Nations. 305 p.
3162. Watters, R.F. 1974. Shifting cultivation--its past, present, and future. En: The use of guidelines for developing the American humid Tropics. Publication 31. Morges, Switzerland: International Union for the Conservation of Nature and Natural Resources: 77-88.
3163. Weaver, P.L. 1979a. Agri-silviculture in tropical America. *Unasylva*. 31(126): 2-12.
3164. Weaver, P.L. 1979b. Tree growth in several tropical forests of Puerto Rico. Res. Pap. SO-152. Rio Piedras, PR: U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Southern Forest Experiment Station, Institute of Tropical Forestry. 15 p.
3165. Weaver, P.L. 1989. *Andira inermis* (W. Wright) DC. Cabbage angelin. Publication SO-ITF-SM-20. Rio Piedras, PR: U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Southern Forest Experiment Station, Institute of Tropical Forestry. 7 p.
3166. Weaver, P.L. 1990a. *Calophyllum calaba*. Maria, Santa Maria. Guttiferae, Mangosteen family. Silvics of North America. Hardwoods. Agric. Handb. 654. Washington, DC: U.S. Department of Agriculture: 172-178. Vol. 2.
3167. Weaver, P.L. 1990b. *Manilkara bidentata* (A. DC.) Chev. Sapotaceae, Sapodilla family. Silvics of North America. Hardwoods. Agric. Handb. 654. Washington, DC: U.S. Department of Agriculture: 455-460. Vol. 2.
3168. Weaver, P.L. 1993. *Tectona grandis* L. f. Teak. Publication SO-ITF-SM-64. Rio Piedras, PR: U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Southern Forest Experiment Station, Institute of Tropical Forestry. 18 p.
3169. Weaver, P.L.; Francis, J.K. [sin fecha] *Hibiscus elatus*, mahoe. Washington DC: U.S. Department of Agriculture, Forest Service: Publication SO-ITF-SM-14. 7 p.
3170. Webb, D.B. 1964. The growth of *Khaya grandifoliola*, *Chlorophora excelsa*, *Azela africana*, and *Pycnanthus angolensis* in Kusame in southern Zaria Province. Tech. Note 30. Lagos, Nigeria: Department of Forest Research. 16 p.
3171. Webb, D.B.; Wood, P.J.; Smith, J. 1980. A guide to species selection for tropical and subtropical plantations. Tropical Forestry Pap. 15. Oxford, UK: University of Oxford, Department of Forestry, Commonwealth Forestry Institute. 342 p.
3172. Webb, D.B.; Wood, P.J.; Smith, J.P. [y otros]. 1974. A guide to species selection for tropical and subtropical plantations. Tropical Forestry Pap. 15. Oxford, UK: University of Oxford, Unit of Tropical Silviculture, Commonwealth Forestry Institute. 256 p.
3173. Webb, Derek B.; Wood, Peter J.; Smith J.P. [y otros] 1984. A guide to selection for tropical and subtropical plantations. Tropical Forestry Papers 15. Silviculture, University of Oxford, UK, Commonwealth Forestry Institute. 256 p.
3174. Webb, L.J. 1958. Cyclones as an ecological factor in tropical lowland rain forest, North Queensland. *Australian Journal of Botany*. 6: 220-228.
3175. Webb, L.J. 1959. A physiognomic classification of Australian rain forest. *Journal of Ecology*. 47: 557-570.
3176. Webb, L.J. 1968. Biological aspects of forest management. *Ecological Society of Australia*. 3: 91-95.
3177. Webb, L.J. 1977. Ecological considerations and safeguards in the modern use of tropical lowland rain forests as a source of pulpwood: example, the Madang area, Papua New Guinea. Papua New Guinea: Office of Environment and Conservation, Department of Natural Resources. 36 p.
3178. Webb, L.J.; Tracey, J.G.; Williams, W.T. 1972. Regeneration and pattern in the subtropical rain forest. *Journal of Ecology*. 60(3): 675-695.
3179. Webb, L.J.; Tracey, J.G.; Williams, W.T. [y otros]. 1967. Studies in the numerical analysis of complex rain forest communities. 1. A comparison of methods applicable to site/species data. *Journal of Ecology*. 55: 171-191.
3180. Weber, F. 1986. Reforestation in arid lands. Arlington, VA: Volunteers in Technical Assistance. 335 p.
3181. Webster, C.C. 1946. The cultivation of the tung tree in Nyasaland. *Empire Journal of Experimental Agriculture*. 14(53): 18-24.
3182. Weck, J. 1963. Conifers in the Tropics and auxiliary plants for timber production in the Tropics. *Mitteilungen Bundesforsch Anst. Forest*. [Páginas desconocidas].
3183. Wehrmann, J. 1961. Nitrogen requirements of forests. SPAN (Shell Public Health and Agriculture News). 4: 184-187.
3184. Weidelt, H.J. 1969. Struktur und Dynamik von Sekundärwäldern dargestellt an Sukzessionsserien in Brasilien. *Forstarchiv*. 40(7/8): 125-132.
3185. Weidema, W.J. 1965a. An information on teak growth in Nicaragua. *Turrialba*. 16(4): 387-389.
3186. Weidema, W.J. 1965b. La teca (*Tectona grandis* L. F.) en Nicaragua. Managua, Nicaragua. [Editorial desconocida]. 14 p.
3187. Weiner, J.; Mirkes, K. 1972. Forest fertilization. *Bibliographical Series* 258. Appleton, WI: Institute of Paper Chemistry. 261 p.

3188. Wendel, G.W.; Kochenderfer, J.N. 1978. Damage to residual hardwood stands caused by cable yarding with a standing skyline. *Southern Journal of Applied Forestry*. 2(1): 121-125.
3189. Wenger, K.F., editor. 1983. *Forestry handbook*. New York, NY: John Wiley and Sons. 1335 p.
3190. Went, F.W.; Stark, N. 1968. Mycorrhiza. *Bio-Science*. 18: 1035-1039.
3191. Wepf, W. 1954. Teak culture in Java. *Rimba Indonesia*. 3(8/10): 378-416.
3192. Wernstedt, F.L. 1961. *World climatic data. Latin America and the Caribbean*. Pittsburgh, PA: Pennsylvania State University, Department of Geography. 87 p.
3193. Westman, W.E. 1978. Measuring the inertia and resilience of ecosystems. *Bioscience*. 28(1): 705-711.
3194. Westoby, J.C. 1962. The role of forest industries in the attack on economic underdevelopment. *Unasylva*. 16: 168-201.
3195. Westoby, J.C. 1983a. How to save the tropical forest. *BOS (Bosbouw Ontwikkelings Samenwerking)*. 2(4): 6-14.
3196. Westoby, J.C. 1983b. Keynote Address 1, Saving the tropical forests, some facts which have to be faced. 10th Triennial Conference, Institute of Foresters of Australia. *Australian Forester*. 46(4): 241-250; Appita. 27: 407-410.
3197. Westoby, J.C. 1987. *The purpose of forests, follies of development*. Oxford, UK: Blackwell. 343 p.
3198. Wetterberg, G.B.; Prance, G.T.; Lovejoy, T.E. 1981. Conservation progress in Amazonia: a structural review. *Parks*. 6(2): 5-10.
3199. White, D.G. 1948. *Bamboo culture and utilization in Puerto Rico*. Circular 29. Mayaguez, PR: Federal Experiment Station. 34 p.
3200. White, E.J.; Cameron, A.L. 1965. *Silvicultural techniques in Papua New Guinea forest plantations*. Bulletin 1. Papua New Guinea: Department of Forestry. 99 p.
3201. White, K.J. 1976a. Lowland rainforest regeneration in Papua New Guinea with reference to the Vanimo Subprovince. *Tropical Forestry Res. Note SR-32*. Papua New Guinea: Department of Forestry. 9 p.
3202. White, K.J. 1976b. Notes on enrichment planting in lowland rain forests of Papua New Guinea. *Tropical Forestry Res. Note SR-31*. Papua New Guinea: Department of Forestry. 8 p.
3203. Whitehead, D. 1981. An ecological overview of plantation forestry. *New Zealand Journal of Forestry*. 26(1): 14-19.
3204. Whitehead, D. 1982. Ecological aspects of natural and planted forests. *Forestry Abstracts*. 43(10): 615-624.
3205. Whitesell, C.D. 1974. Effects of spacing on loblolly pine in Hawaii after 11 years. *Res. Note PSW-295*. Berkeley, CA: U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Pacific Southwest Forest and Range Experiment Station. 4 p.
3206. Whitesell, C.D.; Debell, D.S.; Schubert, T.H. y otros 1992. Short-rotation management of *Eucalyptus*: guidelines for plantations in Hawaii. *Gen. Tech. Rep. PSW-187*. Berkeley, CA: U.S. Department of Agriculture Forest Service, Pacific Southwest Research Station. 30 p.
3207. Whitmore, J.L.; Liegel, L.H. 1980. Spacing trial of *Pinus caribaea* var. *hondurensis*. *Res. Pap. SO-162*. Rio Piedras, PR: U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Southern Forest Experiment Station, Institute of Tropical Forestry. 9 p.
3208. Whitmore, J.L.; Macia S., F. 1975. *Eucalyptus* provenances tested in Puerto Rico two years after outplanting. *Forest Science*. 21(4): 410-412.
3209. Whitmore, T.C. 1974. *Change with time and the role of cyclones in tropical rain forest on Kolombangara, Solomon Islands*. Oxford, UK: Commonwealth Forestry Institute. 92 p.
3210. Whitmore, T.C. 1976. Natural variation and its taxonomic treatment within tropical tree species as seen in the Far East. En: Burley, J.; Styles, B.T., editores. *Tropical trees, variation, breeding, and conservation. Symposium Series 2*. London, UK: Linnean Society: 25-34.
3211. Whitmore, T.C. 1977. *A first look at Agathis*. *Tropical Forestry Papers 11*. Oxford, UK: University of Oxford, Department of Forestry, Commonwealth Forestry Institute. 52 p.
3212. Whitmore, T.C. 1980. Potentially economic species of South East Asia forests. *International Tree Crops Journal*. 1: 171-181.
3213. Whitmore, T.C. 1981. On studying processes and cycles in tropical rain forests. *Commonwealth Forestry Review*. 60(2): 113-116.
3214. Whitmore, T.C. 1982. On pattern and process in forests. En: Newman, E.I., editor. *The plant community as a working mechanism. Special Publication Series of the British Ecological Society 1*. Oxford, UK: Blackwell: 45-59.
3215. Whitmore, T.C. 1983. Secondary succession from seed in tropical rain forests. *Forestry Abstracts*. 44(12): 767-779.
3216. Whitmore, T.C. 1984. *Tropical rainforests of the Far East*. 2a edición. Oxford, UK: Clarendon Press. 352 p.
3217. Whitmore, T.C. 1989. Guidelines to avoid remeasurement problems in permanent samples plots in tropical rain forests. *Biotropica*. 21(3): 282-283.
3218. Whittaker, R.H. 1965. Dominance and diversity in plant communities. *Science*. 147: 250-260.
3219. Whittaker, R.H. 1970. *Communities and ecosystems*. London, UK: MacMillan. 162 p.
3220. Whittaker, R.H. 1973. Approaches to classifying vegetation. En: Whittaker, R.H., editor. *Ordination and classification of communities. Part 5 of handbook on vegetation of science. The Hague, Netherlands: W. Junk: 325-354*.
3221. Whittaker, R.H.; Marks, P.L. 1975. Methods of assessing terrestrial productivity. En: Lieth, H.; Whittaker, R.H., editores. *Primary productivity of the biosphere*. New York, NY: Springer Verlag: 56-118.

Bibliografía

3222. Whittaker, R.H.; Woodwell, G.M. 1971. Measurement of net primary production of forests. En: Productivity of forest ecosystems. Paris, France: United Nations Educational, Scientific, and Cultural Organization: 159-175.
3223. Whittaker, R.H.; Woodwell, G.M. 1972. Evolution of natural communities. En: Wiens, J.A., editor. Ecosystem structure and function. Corvallis, OR: Oregon State University Press: 137-159.
3224. Wholey, J.M. 1955. Line planting as an aid to management in degraded rain forest areas with particular reference to Nigeria. Special Subject. Oxford, UK: University of Oxford, Department of Forestry, Commonwealth Forestry Institute. 51 p.
3225. Whyte, A.G.D. 1973. Productivity of first and second crops of *Pinus radiata* on the Mautere gravel soils of Nelson. New Zealand Journal of Forestry. 18(1): 87-103.
3226. Wiebecke, C.; Torunsky, R. 1951. Weltforstatlas. Hamburg, Federal Republic of Germany: Verlag Paul Parey. [Páginas desconocidas].
3227. Wiersum, K.F. 1982. Tree gardening and taungya on Java: examples of agroforestry techniques in the tropics. Agroforestry Systems. 1(1): 53-71.
3228. Wijmstra, T.A.A. 1967. A pollen diagram in the Upper Holocene of the lower Magdalena Valley. Leidse Geological Mededelingen. 39: 261-267.
3229. Wijmstra, T.A.A. 1969. Palynology of the Alliance Well. Leidse Geological Mededelingen. 48: 125-133.
3230. Wijmstra, T.A.A. 1971. The palynology of the Guyana coastal basin. Amsterdam, Netherlands: University of Amsterdam. [Páginas desconocidas].
3231. Wijmstra, T.A.A.; van der Hammen, T. 1966. Palynological data on the history of tropical savannas in northern South America. Leidse Geological Mededelingen. 38: 71-90.
3232. Wilken, G.C. 1977. Integrating forest and small-scale farm systems in Middle America. Forest Ecology and Management. 1(3): 223-234.
3233. Wilkinson, G. 1939. Root competition and silviculture. Malayan Forester. 8(1): 11-15.
3234. Wilkinson, T.L. 1960. The management of indigenous woodlands. Rhodesia Agricultural Journal. 41(4): 200-207.
3235. Will, G.M. 1968. The uptake, cycling, and removal of mineral nutrients by crops of *Pinus radiata*. Proceedings New Zealand Ecological Society. 15: 20-24.
3236. Will, G.M.; Ballard, R. 1976. Radiata pine--soil degrader or improver. New Zealand Journal of Forestry. 21(2): 248-252.
3237. Willan, R.G.M.; McQueen, D.R. 1957. Exotic forest trees in the British Commonwealth: Nyasaland. En: Papers, 7th British Commonwealth forestry conference; 1957; Australia and New Zealand. Nyasaland: Department of Forestry; 14 p.
3238. Willan, R.L. 1962a. Lushoto arboretum. Lushoto, Tanzania: Forest Division, Silviculture Section. 5 p.
3239. Willan, R.L. 1962b. Miombo arboretum. Lushoto, Tanzania, Forest Division, Silviculture Section, Tech. Note 26. 6 p.
3240. Willan, R.L. 1962c. Natural regeneration of high forest in Tanganyika. En: Papers, 8th British Commonwealth forestry conference. 1962. Tanganyika, East Africa: Forest Department. 8 p.
3241. Willan, R.L. 1973. Forestry: improving the use of genetic resources. SPAN (Shell Public Health and Agriculture News). 16(3): 119-122.
3242. Willan, R.L., (compilador) 1985. A guide to forest tree seed handling with special reference to the Tropics. Humlebaek, Denmark: Danida Forest Seed Centre. FAO Forestry Pap. 20/2. 379 p.
3243. Willan, R.L. 1988. Economic returns from tree improvement in tropical and subtropical conditions. Humlebaek, Denmark: Danida Forest Seed Centre. Tech. Note 36. 38p.
3244. Willan, R.L. 1989. Management of tropical moist forests in Africa. Forestry Pap. 88. Rome, Italy: Food and Agriculture Organization of the United Nations. 165 p.
3245. Willan, R.L.; Salimu, M. 1966. Preliminary trials of grafting *Araucaria* in Tanzania. East African Agriculture and Forest Journal. 32(1): 58-61.
3246. Williams, L. 1962. Laticiferous plants of economic importance. 1. Sources of batata, chicle, guttapercha, and allied guttas. Economic Botany. 16(1): 17-24.
3247. Williams, W.A.; Loomis, R.S.; Alvim, P. de T. 1972. Environments of evergreen rainforests on the lower Rio Negro, Brazil. Tropical Ecology. 13: 65-78.
3248. Williams, W.T.; Lance, G.N.; Webb, L.J. [y otros]. 1969. Studies in the numerical analysis of complex rain forest communities. 3. The analysis of successional data. Journal of Ecology. 57: 515-535.
3249. Wilson, J.A. 1936. *Dendrocalamus strictus*--intensive working. Indian Forester. 62(10): 415-421.
3250. Wimbush, S.H. 1937. Regeneration of bamboo. Res. Bull. 10. Nairobi, Kenya: Forestry Department. 2 p.
3251. Wimbush, S.H. 1963. Afforestation of restored tin-mining land in Nigeria. Commonwealth Forestry Review. 42(3): 255-262.
3252. Windhorst, H.W. 1976. The forests of the world and their potential productivity. Plant Research and Development. 3: 40-59.
3253. Wint, S.H. 1978. Report on man-made forests in Burma. Forest News for Asia and the Pacific. Rome, Italy: Food and Agriculture Organization of the United Nations; 2: 5-8.
3254. Withington, D.; Glover, N.; Brewbaker, J.L. y otros, editores. 1987. *Gliricidia sepium* (Jacq.) Walp: management. En: Proceedings of a workshop; Costa Rica; 1987. Waimanlo, HI: Nitrogen Fixing Tree Association. 255 p.

3255. Woessner, R.A. 1980a. *Gmelina arborea* Roxb. genetic improvement program at Jari. Para, Brazil: Jari, Brazil, Jari Florestal. 9 p.
3256. Woessner, R.A. 1980b. *Tectona grandis* (DAN/FAO) provenance trial at Jari--an assessment at 5 years. Para, Brazil: 7 p.
3257. Woessner, R.A. 1981a. Growth, form, and wood density at six years of the CFI *Pinus caribaea* provenance trial at Jari. Belem, Brazil: Jari Florestal. 9 p.
3258. Woessner, R.A. 1981b. Wood density up to age nine of *Pinus caribaea* var. *hondurensis* grown at Jari. Belem, Brazil: Jari Florestal. 9 p.
3259. Wolffsohn, A.L.A. 1961. An experiment concerning mahogany regeneration. *Empire Forestry Review*. 40(1): 71-72.
3260. Wollons, R.C. 1980. Importance of experimental design and plot maintenance in forest field experiments in Australia. *Australian Forest Research*. 10(1): 71-82.
3261. Wollum, A.G.; Davey, C.B. 1975. Nitrogen accumulation, transformation, and transport in forest soils. En: *Proceedings, 4th North American forest soils conference; 1973 August; Quebec, Canada*. Quebec, Canada: Les Presses de l'Université Laval. 67-106.
3262. Wolter, K.F. 1968. A new method for marking cambial growth. *Forest Science*. 14: 102-104.
3263. Wong, K.M. 1984. Tropical forests, can we cope with the dwindling resources. *Wallaceana*. 35: 3-7.
3264. Wong, Y.K. 1966a. Crown diameter/bole diameter relationship of *Dyera costulata* and its planting distance and crop density. *Malayan Forester*. 29(3): 163-169.
3265. Wong, Y.K. 1966b. Poison girdling under the Malayan Uniform System. *Malayan Forester*. 29(2): 69-77.
3266. Wood, G.H.S. 1957. Exotic forest trees in the British Commonwealth: report from North Borneo. En: *Proceedings, 7th British Commonwealth forestry conference; 1957; Australia and New Zealand*. Sandakan, North Borneo: Department of Forestry; 3(4): 3.
3267. Wood, H.B. 1977. Hydrologic differences between selected forests and agricultural soils in Hawaii. *Soil Science Society of America Journal*. 41(1): 132-136.
3268. Wood, P.J. 1966. Survival of *Pinus caribaea* planting stock in polythene tubes at Rubya, Tanzania. *Res. Note 1*. Lushoto, Tanzania: Forest Division, Silviculture Section. 2 p.
3269. Wood, P.J. 1968. Teak plantation in Tanzania. En: *FAO world symposium on man-made forests and their industrial importance; 1967 April 14-24; Canberra, Australia*. Rome, Italy: Food and Agriculture Organization of the United Nations; 3: 1631-1643.
3270. Wood, P.J. 1970. Silvicultural notes on a tour in west Africa. Oxford, UK: University of Oxford, Department of Forestry, Commonwealth Forestry Institute. 88 p.
3271. Wood, P.J. 1971. Note on plantation silviculture in east and central Africa and Madagascar. Oxford, UK: Commonwealth Forestry Institute. 74 p.
3272. Wood, P.J. 1972. Silvicultural notes on a visit to Australia and some Pacific islands. Oxford, UK: Commonwealth Forestry Institute. 44 p.
3273. Wood, P.J. 1974. The evaluation of fast growing species in the Tropics. Oxford, UK: Commonwealth Forestry Institute. 24 p.
3274. Wood, P.J. 1976. The development of tropical plantations and the need for seed and genetic conservation. En: *Burley, J.; Styles, B.T., editores. Tropical trees: variation, breeding, and conservation*. London, UK: Academic Press: 11-18.
3275. Wood, R.C. 1938. *Eucalyptus deglupta* Blume (*E. naudiniana* F.V.M.) Kamarere. *Tropical Agriculture*. 15(4): 82-83.
3276. Woodwell, G.M. 1970. The energy cycle of the biosphere. *Scientific American*. 223(3): 64-94.
3277. Wormald, T.J. 1967. The thinning of plantations grown for timber production. *Tech. Note 106*. Nairobi, Kenya: Forestry Department. 7 p.
3278. Wormald, T.J. 1969. A nursery handbook for the Philippines. Rome, Italy: Food and Agriculture Organization of the United Nations. 72 p.
3279. Wormald, T.J. 1975. *Pinus patula*. *Tropical Forestry Pap.* 7. Oxford, UK: University of Oxford, Department of Forestry. 172 p.
3280. Wright, H.L.; Andrew, I.A. 1976. Principles of experimental design. En: *A manual on species and provenance research with particular reference to the Tropics*. *Tropical Forestry Pap.* 10. Oxford, UK: University of Oxford, Commonwealth Forestry Institute, Department of Forestry: 67-82.
3281. Wright, J.W. 1976. Introduction to forest genetics. New York, NY: Academic Press. 463 p.
3282. Wright, J.W.; Freeland, F.D. 1958. Plot size in forest genetic research. *Papers of the Michigan Academy of Science*. 44: 177-182.
3283. Wunder, W.G. 1966. Planting of *Eucalyptus microtheca* with and without polythene bags. A comparative study. Pamphlet, Forest Research Education Project 30. Khartoum, Sudan: Forestry Department. 22 p.
3284. Wyatt-Smith, J. 1947. Save the belukar. *Malayan Forester*. 11(1): 24-26.
3285. Wyatt-Smith, J. 1948. An ecological study of the structure of natural tropical lowland evergreen rainforest in Malaya. Oxford, UK: Imperial Forestry Institute. 137 p.
3286. Wyatt-Smith, J. 1949a. Natural plant succession. *Malayan Forester*. 12(3): 148-152.
3287. Wyatt-Smith, J. 1949b. A note of tropical lowland evergreen rainforest in Malaya. *Malayan Forester*. 12(2): 58-64.
3288. Wyatt-Smith, J. 1949c. Survival of seedlings of maranti sarang puanai (*Shorea parviflora* Dyer) and kenya (*Koompassia malaccensis* Benth) in belukar. *Malayan Forester*. 12(3): 144-148.

3289. Wyatt-Smith, J. 1950. Virgin jungle reserves. *Malayan Forester*. 13(2): 92-94.
3290. Wyatt-Smith, J. 1958b. Methods used for the ecological study of Malayan forest vegetation. En: Proceedings, symposium on humid tropics vegetation; 1958, Tjiaw, Indonesia. Tjiaw, Indonesia: Unesco Cooperative Office for South East Asia. [Páginas desconocidas].
3291. Wyatt-Smith, J. 1958c. Shifting cultivation in Malaya. *Malayan Forester*. 21: 139-155.
3292. Wyatt-Smith, J. 1959. Development of a silvicultural system for the conversion of natural inland lowland evergreen rain forest of Malaya. *Malayan Forester*. 22: 133-142.
3293. Wyatt-Smith, J. 1960a. Diagnostic linear sampling of regeneration. *Malayan Forester*. 23: 191-208.
3294. Wyatt-Smith, J. 1960b. Further arboricide trials in lowland dipterocarp rain forests of Malaya. *Malayan Forester*. 23: 314-331.
3295. Wyatt-Smith, J. 1960c. Stems per acre and topography. *Malayan Forester*. 23: 57-58.
3296. Wyatt-Smith, J. 1960d. Survival of isolated seedbearers. *Malayan Forester*. 23: 133-134.
3297. Wyatt-Smith, J. 1961a. A review of Malayan silviculture. *Malayan Forester*. 24: 5-18.
3298. Wyatt-Smith, J. 1961b. A survey of the peat swamp research plots in naturally regenerated forest, Malaya. Pamphlet 39. Kepong, Malaysia: Forestry Research Institute. 55 p.
3299. Wyatt-Smith, J. 1962a. Damage to regeneration as a result of logging. *Malayan Forester*. 25: 40-44.
3300. Wyatt-Smith, J. 1962b. Effect of various treatments in regenerated Kempas-Kedondong Forest, Malaya. Pamphlet 41. Kepong, Malaysia: Forestry Research Institute. 14 p.
3301. Wyatt-Smith, J. 1962c. The swing from qualitative to quantitative assessment of individual tree crown parameters in the Malayan Forest Service. *Malayan Forester*. 25: 276-287.
3302. Wyatt-Smith, J. 1963. Intermediate fellings in red-meranti forest. *Malayan Forester*. 26: 111-117.
3303. Wyatt-Smith, J. 1966. Ecological studies on Malayan forests. Pamphlet 52. Kuala Lumpur, Malaysia: Forest Department. Forest Research Institute. 23 p.
3304. Wyatt-Smith, J. 1967. Education in forestry with particular reference to professional training in developing countries. Ibadan, Nigeria, Ibadan University Press. 11 p.
3305. Wyatt-Smith, J. 1968. Determination of a cutting period for tropical high forest. *Obeche*. 1(4): 36-48.
3306. Wyatt-Smith, J. 1979. Agroforestry in the Tropics--a new emphasis in rural development. *SPAN (Shell Public Health and Agriculture News)*. 22(2): 65-67.
3307. Wyatt-Smith, J. 1987a. The management of tropical moist forests for the sustained production of timber, some issues. *Tropical Forest Policy Pap.* 4. London, UK: International Union for the Conservation of Nature and Natural Resources/International Institute for Environment and Development. 20 p.
3308. Wyatt-Smith, J. 1987b. Problems and prospects for natural management of tropical moist forests. En: Mergen, F.; Vincent, J.R., editores. *Natural management of tropical moist forests*. New Haven, CT: Yale University, School of Forestry and Environmental Studies: 5-22.
3309. Wyatt-Smith, J.; Lowe, R.G. 1972. Heritability of vigour in *Tectona grandis* L. En: Proceedings, inaugural conference of the Forestry Association of Nigeria; 1970 October 6-9, Ibadan, Nigeria. Ibadan, Nigeria: University of Nigeria: 379-387.
3310. Wyatt-Smith, J.; Panton, W.P. 1963. Manual of Malayan silviculture for inland forest. [Parts I-III]. *Malayan Forest Records* 23. Kuala Lumpur, Malaya, Forest Research Institute. 350 p.
3311. Wyatt-Smith, J.; Vincent, A.J. 1962a. Letter to the editor. *Malayan Forester*. 25: 247-258.
3312. Wyatt-Smith, J.; Vincent, A.J. 1962b. Progressive development in the management of tropical lowland evergreen rain forest and mangrove forest in Malaya. Kuala Lumpur, Federation of Malaya, Ministry of Agriculture. 23 p.
3313. Wyatt-Smith, J.; Vincent, A.J. 1963. A new technique for diagnosing the treatment required in the naturally regenerated crop of the first managed rotation in lowland dipterocarp forest. *Malayan Forester*. 26: 18-62.
3314. Wycherley, P.R. 1969. Forests and productivity. *Malayan Nature Journal*. 22: 187-197.
3315. Wycherley, P.R.; Mitchell, B.A. 1962. Growth of balsa trees *Ochroma lagopus* Sw. at the Rubber Research Institute Experimental Station. *Malayan Forester*. 25: 140-149.
3316. Yacubson, D.; Lugea, M.J. 1960. Ensayos analíticos de semillas de especies forestales argentina. *Revista de Investigación Forestal*. 2(1): 31-65.
3317. Yadav, J.S.P. 1975. Improvement of saline alkali soils through biological methods. *Indian Forester*. 101(7): 385-395.
3318. Yamazoe, G.; Malaga Vila, W.; Faria, A.J. [y otros]. 1974. Situação atual e perspectivas da cultura do kiri (*Pau-ownia* spp.). En: *Anais do Seminário sobre Kiri*. Bol. Tec. 13; São Paulo, Brazil: São Paulo, Brazil, Instituto Florestal: 7-87.
3319. Yared, J.A.G.; Carpanezzi, A.A. 1981. Conversão de capoeira alta da Amazônia em povoamento de produção madeireira: o método do "recru" e espécies promissoras. *Brasil Floresta*. 11(45): 57-73.
3320. Yen, D.E. 1974. Arboriculture in the subsistence of Santa Cruz, Solomon Islands. *Economic Botany*. 28: 247-281.
3321. Yeom, B.C. 1984. Lesser-known tropical wood species: how bright is their future? *Unasylva*. 36(145): 15-16.

3322. Yoda, L. 1974. Three dimensional distribution of light intensity in a tropical rain forest of west Malaysia. *Japanese Journal of Ecology*. 24(4): 247-254.
3323. Young, A. 1969. Present rate of land erosion. *Nature*. 224: 851-852.
3324. Young, A. 1976. *Tropical soils and soil survey*. Cambridge, UK: Geographical Studies. 468 p.
3325. Zabala, N.Q. 1975. Interaction of *Anthocephalus chinensis* (Lam.) Rich ex Walp and *Albizia falcataria* (L.) Fosbo. *Pterocarpus*. 1: 1-5.
3326. Zabala, N.Q. 1978. Growth comparison between seedlings of plus and routine large leaf mahogany trees. *Pterocarpus*. 4(1): 14-18
3327. Zabala, N.Q.; Enabels, B. 1976. NPK fertilizer treatments of potted kaatoan bangkal. *Pterocarpus*. 2(1): 68-75.
3328. Zakiruddin, A.S.M. 1967. Industrial utilization of bamboos with special references to harvesting and transportation problems. Special Pap. NOFO/FDT:67/5. Rome, Italy: Food and Agriculture Organization of the United Nations, Committee on Forest Development in the Tropics: 57-70.
3329. Zamora, R.A.; Agpaoa, A.C. 1976a. Ages of benguet pine seedlings and season of planting. *Philippine Forest Research Journal*. 1(1): 21-29.
3330. Zamora, R.A.; Agpaoa, A.C. 1976b. Months for planting *Gmelina arborea* stumps of different ages. *Philippine Forest Research Journal*. 1(1): 38-43.
3331. Zanon Mendiburu, M. 1975. Propagación vegetación por estacas de ocho especies forestales. Turrialba, Costa Rica: University of Costa Rica, Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza. 100 p. Tesis de maestría en ciencias.
3332. Zapien Barrogan, M.; Maldonado Aguirre, L.J.; Aguilera Charles, J.M. 1978. Trampas de agua para el desarrollo de especies forestales en zonas áridas. *Ciencia Forestal*. 3(16): 3-18.
3333. Zavitkovski, J.; Isebrands, J.G.; Crow, T.R. 1974. Application of growth analysis in forest biomass studies. En: *Proceedings, 3d North American forest biology workshop*; 1974 September 9-12; Fort Collins, CO: Boulder, CO: Colorado State University: 196-226.
3334. Zevallos, A.C.; Alvim, P. de T. 1967. Influencia del árbol de sombra *Erythrina glauca* sobre algunos factores edafológicos relacionados con la producción del cacaotero. Turrialba. 17(3): 330-336.
3335. Zinke, P. 1960. Forest site quality as related to soil nitrogen content. En: *Transactions, 7th international congress of soil science*; 1960. Madison, WI: Berkeley, CA: University of California, School of Forestry; 3: 411-418.
3336. Zinke, P.J.; Sabhasri, S.; Kunstadter, P. 1976. Soil fertility aspects of the Lua Forest fallow system of cultivation. En: *Kunstadter, P.; Chapman, E.C.; Sabhasri, S., editores. Farmers in the forest*. Honolulu, HI: University Press of Hawaii: 134-159.
3337. Zobel, B. 1972. Gene preservation by means of a tree improvement program. En: *Proceedings, 13th meeting of the committee on forest tree breeding*; 1972; Quebec, Canada. Raleigh, NC: North Carolina State University, School of Forestry: 13-17.
3338. Zobel, B. 1973. Wood of fast growing exotic pines. En: *Selection and breeding to improve some tropical conifers*. Oxford, United Kingdom: Commonwealth Forestry Institute; Brisbane, Australia: Queensland Department of Forestry; 2: 1-3.
3339. Zobel, B. 1978a. Gene conservation as viewed by a forest tree breeder. *Forest Ecology and Management*. 1: 339-344.
3340. Zobel, B. 1978b. Una vida mejor o la mera subsistencia. *Unasylva*. 30(119/120): 5-9.
3341. Zobel, B.; Barber, J.; Brown, C.L. 1958. Seed orchards--their concept and management. *Journal of Forestry*. 56(11): 815-825.
3342. Zobel, B.; Goggans, J.F.; Maki, T. 1961. Some effects of fertilizers on wood properties of loblolly pine. *Tappi*. 44(3): 186-192.
3343. Zobel, B.; Kelliston, R.C. 1973. Should wood be included in a pine tree improvement program? En: *Selection and breeding to improve some tropical conifers*. Oxford, UK: Commonwealth Forestry Institute; Brisbane, Australia: Queensland Department of Forestry; 2: 4-12.
3344. Zobel, B.J.; Talbert, J. 1984. *Applied forest tree improvement*. New York, NY: John Wiley and Sons. 505 p.
3345. Zobel, Bruce J.; Vanlooy, G.; Stajl, P. 1987. *Growing exotic forests*. Somerset, NY: John Wiley and Sons. 508 p.
3346. Zohrer, F.; Foster, H. 1987. National forest inventories for developing countries. Munich, Federal Republic of Germany: (DFS) Deutsche Forstinventur - Service GmbH. 52 p.
3347. Zohrer, F.; Foster, H.; Schindle, W. 1987. Forest management plans for developing countries. Munich, Federal Republic of Germany: DFS Deutsche Forstinventur-Service GmbH. 103 p.

Índice Bibliográfico por País

Las referencias bibliográficas en la bibliografía se han organizado alfabéticamente y numerado. En este índice, las referencias que se refieren a los principales países mencionados en el libro aparecen en orden numérico.

<i>País</i>	<i>Número de referencia</i>
África del Sur/Sudáfrica	0, 44, 47, 49, 94, 97, 235, 422, 425, 611, 626, 798, 799, 900, 910–912, 940, 987, 988, 1005, 1285, 1395, 1397, 1565, 1718, 1727, 1926, 1947–1949, 2018, 2019, 2154, 2252, 2422, 2661, 2668, 2678, 2695, 2708, 2837, 2845, 3011, 3015, 3066, 3067
Argentina	70, 386–388, 591, 789, 796, 896, 982, 1101, 1160–1163, 1180, 1776, 1830, 2028, 2130–2132, 2371, 2994, 3058, 3071, 3316
Australia	18, 28, 51, 66, 124, 138, 143, 144, 145, 208, 284, 296, 314, 325, 432, 463–467, 489, 496, 497, 537, 644, 662, 797, 806, 808, 813, 814, 988, 1048, 1050, 1150, 1175, 1246, 1248, 1250, 1312, 1321, 1327, 1341, 1355, 1530, 1531, 1631, 1640, 2001, 2074, 2139, 2158, 2200, 2217, 2219, 2224–2227, 2522, 2524, 2552, 2707, 2731, 2760–2765, 2779, 2924, 2965, 2978, 2980, 2999, 3174, 3175, 3260, 3272
Bangladesh	104, 831, 2473, 2757, 2758, 2993
Belize	2, 14, 498, 983, 1511, 2269, 2825
Bolivia	1500, 1507, 2677
Brasil	15, 21, 72, 174, 181, 183, 198, 214, 259, 275, 286, 293, 297, 298, 302, 303, 334, 343, 358, 389, 448, 452, 458, 481, 483, 532–535, 545, 546, 570, 576, 645, 646, 650, 659, 663, 664, 748, 751, 762, 780, 790, 888, 899, 924, 926, 965, 1018–1022, 1033, 1034, 1042–1045, 1057, 1106, 1110, 1117, 1135, 1136, 1153–1156, 1165, 1166, 1169–1171, 1174, 1176, 1178, 1181, 1182, 1184, 1204, 1206, 1290–1293, 1297, 1298, 1333, 1359, 1361–1367, 1369–1373, 1387, 1390, 1394, 1406, 1407, 1412, 1413, 1452, 1504, 1505, 1532, 1584–1586, 1603, 1604, 1704, 1709–1714, 1716, 1755, 1902, 1903, 1963, 1969, 1970, 1973, 1974, 1985, 1986, 2056, 2067, 2077, 2085–2087, 2144–2146, 2151, 2165, 2192–2195, 2202, 2212, 2234–2236, 2257, 2286, 2297, 2307, 2311, 2351, 2354, 2355, 2362, 2388, 2390, 2391–2396, 2418, 2425–2427, 2487, 2498, 2499, 2546, 2608, 2623, 2654, 2721, 2725–2730, 2752, 2778, 2785, 2786, 2791, 2807, 2827, 2828, 2885–2887, 2977, 2988, 3004, 3014, 3024, 3043, 3059–3061, 3065, 3072, 3147, 3184, 3198, 3247, 3255–3260

<i>País</i>	<i>Número de referencia</i>
Burkina Faso	743, 2162
Colombia	165, 176, 181, 188, 212, 219, 427, 648, 649, 779, 883, 956, 1186, 1263, 1301, 1401, 1663, 1768–1773, 1775, 1805, 2352, 2790, 2972, 2973, 2990, 3013, 3044
Costa de Marfil	327, 328, 330, 332, 454, 456, 503, 668, 728, 729, 755, 802, 1220, 1591, 1821, 1987, 2032, 2052, 2091, 2093, 2768, 2903
Costa Rica	171, 223, 243, 244, 433, 595, 835, 1002, 1065, 1076, 1078, 1097, 1114, 1198, 1422, 1423, 1437, 1492, 1664, 1865, 2062, 2289, 2609, 2610, 2801, 2985, 3331, 3334
Cuba	1, 257, 461, 462, 627, 801, 1069, 1070, 1119, 1188, 1193, 1201, 1389, 1405, 1449, 1758, 1759, 1766, 2005, 2149, 2561–2563, 2616–2619
Dominica	439
Ecuador	258, 1115, 1283, 1444, 2007, 2112
El Salvador	306
Fidji/Fiji	20, 50, 74, 136, 635, 1121, 1944, 2023, 2447, 2513
Filipinas	92, 93, 115, 260, 321, 322, 345, 602, 639, 640, 647, 725, 763, 892, 937, 938, 972, 1030, 1080, 1111, 1645, 1646, 1728, 1911–1913, 1927, 1928, 1964, 2049, 2051, 2088, 2188, 2190, 2274, 2296, 2358, 2359, 2503, 2517, 2591, 2624, 2625, 2638, 2688, 2879–2883, 2944–2946, 2951–2953, 2975, 2976, 2983, 2991, 3278
Ghana	63, 287, 451, 559, 562, 827, 986, 1053, 1054, 1242, 1573, 1575, 1817, 1818, 2138–2140, 2228, 2245, 2279–2280, 2549, 2906, 2907, 2974
Guatemala	998, 1000, 2047, 2782
Guayana	661, 839, 851, 1007–1011, 2238, 2372, 3003, 3008, 3062, 3230
Haití	227, 1420, 2861
Hawai	272, 543, 544, 587, 656, 878, 960, 1826, 2159, 2197, 2198, 2340, 2382, 2540, 3001, 3125–3128, 3205, 3206, 3267, 3336
Honduras	679, 1273, 1466, 1884, 2548, 2630
India	3, 6, 7, 12, 27, 88, 90, 110, 122, 168, 203, 267, 270, 346, 347, 352, 362–365, 381, 400–402, 434, 469, 471–474, 484, 514, 623, 642, 683, 684, 686–691, 697–699, 709–716, 727, 730, 732, 817–819, 830–831, 834, 838, 848, 849, 890, 891, 942,

Índice Bibliográfico por País

<i>País</i>	<i>Número de referencia</i>
India (continuado)	1118, 1122, 1144, 1217, 1251–1256, 1295, 1296, 1299, 1317, 1339, 1486, 1489–1491, 1517, 1518, 1549, 1552, 1558, 1592, 1595, 1596, 1599, 1600, 1602, 1605, 1611, 1612, 1621, 1622, 1624–1603, 1638, 1639, 1669, 1670, 1674, 1675, 1703, 1744–1751, 1753, 1754, 1777, 1831–1844, 1849, 1904, 1918, 1993, 2040–2046, 2069, 2116, 2118–2121, 2126, 2135, 2160, 2161, 2163, 2173, 2176, 2184, 2186, 2191, 2220, 2264, 2310, 2313, 2315–2317, 2342, 2404, 2429–2432, 2434, 2443, 2456, 2465, 2466, 2470–2472, 2474, 2475, 2477–2480, 2482, 2488, 2491, 2492, 2584, 2592, 2594–2598, 2600–2604, 2636, 2640, 2647, 2650, 2681, 2683–2685, 2687, 2689–2693, 2696–2698, 2700–2702, 2704, 2709, 2710, 2732, 2733, 2735–2751, 2780, 2781, 2794–2798, 2812, 2833–2835, 2847, 2872, 2888, 2889, 2917, 2920, 2921, 2939–2941, 2962, 2967, 2982, 3042, 3045–3051, 3249, 3317
Indias Occidentales Francesas	707, 1479, 1765, 2795
Indonesia	25, 161, 280–282, 292, 304, 308, 324, 428, 902, 1029, 1324, 1374–1376, 1545, 1546, 1563, 2068, 2115, 2129, 2299, 2367, 2493–2495, 2501, 2502, 2516, 2645, 2674, 2719, 2787–2789, 2817, 2852–2854, 2897, 2936, 3022, 3052, 3053, 3144, 3191, 3227
Jamaica	1560, 2664, 2860, 2862, 2863, 2898, 2926
Kenia	48, 86, 107, 131, 623, 946–951, 1218, 1259, 1458, 1461, 1499, 1550, 2294, 2336–2339, 2374, 2450–2455, 2660, 2841, 2842, 2922, 3135, 3250, 3277
Malasia	11, 13, 58, 59, 158, 159, 252, 311, 312, 318, 319, 373–380, 521, 573, 582, 588, 612–616, 701, 735, 750, 766, 784–786, 800, 934–936, 970, 1037, 1082, 1083, 1084, 1086–1088, 1090, 1092, 1094, 1095, 1100, 1103, 1148, 1232, 1281, 1310, 1311, 1385, 1413, 1440, 1493, 1502, 1509, 1534, 1589, 1601, 1852, 1858, 1859, 1895–1899, 1901, 1916, 1917, 1988, 1999, 2076, 2078, 2080, 2090, 2125, 2128, 2206, 2207, 2210, 2213–2216, 2271, 2345, 2402, 2408, 2484, 2543, 2633, 2634, 2711, 2810, 2840, 2850, 2851, 2874, 2890, 2892–2896, 2910, 2916, 3021, 3117, 3129–3134, 3152–3155, 3264, 3265, 3284–3305, 3310–3315, 3322
Malawi	26, 264, 1059–1061, 2918

<i>País</i>	<i>Número de referencia</i>
México	111, 167, 678, 718, 995, 1124, 1189, 1191, 1192, 1200, 1288, 1289, 1403, 1929, 1975, 2000, 2024, 2029–2031, 2034, 2048, 2082, 2152, 2153, 2368, 2460, 2461, 2542, 2631, 2639, 2943, 2960, 3026, 3027, 3041, 3158
Myanmar	8, 336, 337, 660, 1482, 1666–1668, 1919, 1920, 2989, 3253
Nicaragua	1575, 3192, 3193, 1415, 2286
Nigeria	16, 17, 19, 21, 22, 24, 42, 53, 61, 69, 102, 121, 190, 261, 289, 291, 340, 341, 754, 775, 966, 970, 976, 1062, 1314, 1315, 1382, 1383, 1443, 1446, 1447, 1450, 1515, 1516, 1523, 1524, 1526, 1527, 1570, 1574, 1593, 1633–1635, 1648, 1649, 1655, 1656, 1658, 1659, 1688, 1689, 1696, 1697, 1781, 1811–1813, 1932–1941, 1972, 1976, 1995, 2036, 2037, 2057, 2063, 2095–2097, 2134, 2172, 2243, 2244, 2262, 2265–2268, 2270, 2271, 2281, 2282, 2298, 2377, 2435, 2467, 2505, 2506, 2533, 2553, 2577, 2579, 2855, 3118, 3170, 3224, 3251, 3309
Panamá	805, 1186, 1660, 2300, 2986
Papua Nueva Guinea	71, 82, 109, 651, 824, 840–845, 956, 1158, 1175, 1399, 1400, 1453–1456, 1795, 1797, 1799, 2189, 2776, 2981, 3177, 3200–3202
Paquistán	268, 1457, 1510, 1673, 1681–1684, 1942, 1943, 2035, 2446, 2458, 2544, 2705, 2884
Perú	220, 221, 301, 617, 889, 899, 919, 958, 1115, 2039, 2520, 2566, 2567, 2954, 3000, 3159
Puerto Rico	5, 37, 39, 40, 95, 255, 370, 479, 548–551, 553–555, 1004, 1038, 1129–1131, 1304, 1416–1419, 1857, 1924, 1950–1954, 2006, 2008–2012, 2014, 2015, 2164, 2166, 2167, 2170, 2233, 2255, 2256, 2318–2325, 2366, 2373, 2485, 2644, 2665, 2720, 2861, 3056, 3057, 3078, 3082–3090, 3092, 3094, 3106–3109, 3164, 3199, 3207, 3208
República Central del África	1069, 2518, 2937
República Dominicana	1717, 2959
Sri Lanka	468, 1031, 1433–1436, 1719, 1720, 2174, 2332, 2333, 2569, 2570, 2572, 2573, 2938, 3019
Sudán	43, 507, 519, 520, 655, 1017, 1521, 1528, 1676–1679, 2251, 2519, 3283
Surinam	79, 100, 187, 490–493, 879, 1577–1579, 2468, 2670–2672, 2759, 2864, 2915, 3028, 3030, 3031, 3069, 3076, 3079

<i>País</i>	<i>Número de referencia</i>
Tanzania	266, 515–518, 590, 897, 1238, 1415, 1550, 1685, 1962, 2302, 2326–2328, 2330, 2331, 2369, 2438, 2439, 2694, 2914, 2992, 3120, 3238–3240, 3245, 3268, 3269
Tailandia	67, 366, 506, 739, 740, 1619, 1643, 1700, 1873, 1914, 2211, 2259, 2295, 2366, 2496, 2615, 2816, 2919, 2966, 3146
Trinidad y Tobago	38, 45, 204, 342, 415, 417, 440–442, 564–566, 666, 682, 939, 1120, 1207, 1216, 1247, 1767, 1782, 2022, 2109–2111, 2141, 2468, 2580, 2581, 2859
Uganda	4, 9, 56, 60, 360, 571, 636, 852, 853, 856, 857, 859–862, 865, 952, 969, 1477, 1550, 1615,

<i>País</i>	<i>Número de referencia</i>
	1697, 1733–1742, 1876, 1877, 2285, 2375, 2376, 2821, 2865, 2923
Venezuela	576, 593, 1041, 1183, 1300, 1337, 1348, 1663, 1693, 1694, 1780, 1809–1813, 1956–1958, 2071, 2469, 2565, 2891, 2987, 3032–3040, 3160
Zaire (antiguo)	29, 253, 333, 391, 441, 752, 756, 757, 767, 854, 1140, 1277, 1278, 1294, 1380, 1439, 1594, 1671, 1834, 2025, 2053, 2054, 2385, 2518, 2657, 2815, 2902, 2904, 2950, 3064, 3113
Zambia	276, 770, 772, 773, 973–975, 1326, 1331, 1567, 1568, 2927
Zimbabwe	106, 367, 368, 383, 384, 385, 2832, 2844

Índice Bibliográfico por Género

Las referencias bibliográficas en la bibliografía se han organizado alfabéticamente y numerado. En este índice, las referencias que se refieren a los principales géneros mencionados en el libro se presentan por número.

Género	Número de referencia
<i>Acacia</i>	207, 362, 519, 825, 831, 839, 1147, 1512, 1916, 2215, 2219, 2251, 2377, 2916, 2977
<i>Agathis</i>	96, 525, 3211
<i>Anacardium</i>	397, 1517
<i>Anthocephalus</i>	797, 1085, 1089, 1146, 1196, 1917, 1954, 1955, 2748, 2749, 3325
<i>Araucaria</i>	71, 82, 84, 109, 358, 466, 591, 788, 818, 1101, 1353, 1370, 1406, 1776, 1981, 2189, 2223, 2241, 2242, 2510, 2525, 2560, 2785, 3245
<i>Aucoumea</i>	477, 669, 895, 1126, 1127, 1866
<i>Azadirachta</i>	112, 880, 1230, 2324, 2467, 2519, 3156
<i>Calophyllum</i>	38, 1417, 3082, 3166
<i>Carapa</i>	398, 1007, 3175
<i>Casuarina</i>	210, 603, 605, 896, 907, 1434, 1491, 1558, 1617, 1669, 2041, 2055, 2323, 2470, 2501, 2698, 2746, 2920, 2982, 3050
<i>Cecropia</i>	850, 2389, 2720
<i>Cedrela</i>	8, 14, 45, 104, 259, 260, 297, 396, 415, 665, 667, 1419, 1447, 1464, 1575, 1786, 1791, 1810, 2270, 2561–2563, 3028
<i>Cordia</i>	793, 1237, 1564, 1888, 2970, 2971, 3030, 3031
<i>Cupressus</i>	48, 86, 87, 663, 883, 946–948, 1301, 1422, 1614, 1694, 1768, 1877, 2414, 2450, 2454, 2922, 2972, 2973
<i>Dipterocarps</i>	485, 521, 582, 588, 612–616, 701, 740, 750, 784, 785, 890, 935, 1083, 1085–1087, 1089, 1090, 1111, 1486, 1508, 1509, 1552, 1596, 1725, 1751, 1850, 1898, 2046, 2076, 2078, 2080, 2115, 2128, 2206–2208, 2210, 2213, 2214, 2216, 2218, 2402, 2408, 2482, 2684, 2692, 2699, 2835, 2847, 2852–2854, 2890, 2892, 2983, 3129–3133, 3153, 3155, 3191, 3285–3289, 3293–3296, 3298–3303, 3310, 3312–3314, 3322
<i>Eucalyptus</i>	46, 70, 72, 75, 113, 114, 138, 162, 214, 238, 325, 343, 435, 472, 510, 514, 532, 534, 535, 610, 640, 645, 646, 648, 662, 711, 751, 768, 787, 796, 806, 808, 809, 813, 814, 824, 841–845, 878, 881, 900, 950, 967–969, 974, 982, 1032, 1038, 1060

Género	Número de referencia
<i>Eucalyptus</i> (continuado)	1105, 1106, 1139, 1160, 1161, 1170, 1172, 1173, 1178, 1218, 1257, 1264, 1276, 1286, 1290, 1292, 1293, 1297, 1325, 1326, 1371, 1390, 1406–1408, 1458, 1459, 1489, 1490, 1504, 1505, 1527, 1530, 1531, 1533, 1552, 1568, 1599, 1603, 1617, 1620, 1630, 1631, 1675, 1677, 1693, 1716, 1718, 1727, 1753, 1769, 1772, 1798, 1806, 1862, 1876, 1902, 1911, 1912, 1918, 1945, 1949, 1969, 2007, 2026, 2045, 2063, 2064, 2085–2088, 2099, 2100, 2154, 2157, 2158, 2192–2194, 2286, 2290, 2412, 2442–2446, 2448, 2449, 2459, 2497, 2515, 2518, 2521, 2593, 2621–2623, 2659, 2661, 2697, 2722, 2725, 2728, 2730, 2733, 2743, 2744, 2750, 2751, 2755, 2794, 2807, 2821, 2845, 2921, 2927, 2935, 2945, 3125, 3126, 3128, 3206, 3208, 3275, 3283
<i>Gliricidia</i>	2321, 3254
<i>Gmelina</i>	11, 69, 77, 106, 183, 461, 523, 916, 936, 976, 1062, 1081, 1234, 1502, 1604, 1789, 1792, 2066, 2125, 2188, 2261, 2445, 2559, 2591, 2855, 3255, 3330
<i>Khaya</i>	42, 78, 145, 494, 856, 1655, 1656, 1678, 3170
<i>Leucaena</i>	176, 272, 345, 543, 544, 712, 901, 1399, 1498, 2049, 2127, 2322, 2342, 2358, 2359, 2421, 2483, 2625, 3001, 3002, 3136
<i>Manilkara</i>	498, 3167
<i>Ochroma</i>	101, 1444, 2332–2334, 2825, 3026, 3316
<i>Paulownia</i>	153, 228, 1996, 2145, 3059, 3060, 3318
<i>Pinus</i>	26, 28, 47, 49, 51, 68, 70, 73, 80, 81, 89, 111, 115, 129, 136, 139, 142, 169, 171, 174, 179, 254, 257, 264, 266, 280, 281, 284, 296, 299, 305, 314, 338, 349, 361, 367, 386–388, 399, 432, 436, 450, 458, 462–464, 468, 480, 489, 518, 533, 541, 548, 549, 551, 557, 561, 571, 593, 611, 618, 620, 621, 627, 637, 638, 644, 648, 682, 683, 700, 716, 758, 767, 768, 798, 799, 803, 817, 829, 830, 876, 908, 943, 949, 963, 966, 975, 983, 987, 988, 1005, 1026, 1028, 1029, 1036, 1037, 1042–1044, 1048, 1055, 1061, 1069, 1100, 1103, 1122, 1149, 1157–1159, 1162–1164, 1166–1169, 1171, 1179, 1180, 1213, 1232, 1233, 1235, 1236, 1248, 1250, 1258, 1273, 1284, 1287, 1291, 1300, 1301, 1304, 1324, 1331, 1335, 1341, 1370, 1372, 1379, 1395, 1397, 1406, 1411, 1414, 1420, 1424, 1440, 1449, 1452–1455, 1462, 1466, 1474, 1476, 1511, 1513, 1520, 1560, 1565, 1567, 1615, 1637, 1638, 1644, 1650–1652,

Índice Bibliográfico por Género

Género	Número de referencia
<i>Pinus</i> (continuado)	1728, 1731, 1736, 1760, 1766–1768, 1770, 1771, 1787, 1806, 1826, 1827, 1830, 1857, 1877, 1887, 1899, 1902, 1903, 1901, 1913, 1926, 1947, 1948, 1997, 1998, 2018, 2019, 2029, 2035, 2047, 2056, 2074, 2082, 2083, 2101, 2110, 2112, 2113, 2117, 2124, 2125, 2130–2132, 2199, 2224–2226, 2290, 2294, 2300–2302, 2345, 2354, 2368, 2372, 2391, 2400, 2437, 2451, 2513, 2517, 2522, 2523, 2527–2529, 2548, 2551, 2609, 2616–2618, 2641, 2650, 2656, 2657, 2669, 2676, 2678, 2694, 2706, 2708, 2712, 2718, 2729, 2731, 2759–2765, 2771, 2779, 2831, 2838, 2847, 2850, 2851, 2870, 2909, 2910, 2915, 2918, 2924, 2927, 2974, 2975, 2976, 2980, 2986, 2994, 3014, 3016, 3032, 3062, 3064, 3066, 3067, 3069, 3076, 3078, 3079, 3114–3116, 3135, 3142, 3143, 3205, 3207, 3225, 3235, 3236, 3257, 3258, 3268, 3279, 3329, 3338, 3342, 3343
<i>Prosopis</i>	108, 709, 838, 1621, 2186, 2735
<i>Schefflera</i>	1886, 2222, 3084

Género	Número de referencia
<i>Swietenia</i>	54, 83, 303, 322, 397, 635, 707, 1129–1131, 1479, 1500, 1501, 1909, 1927, 1928, 2003, 2005, 2006, 2233, 2677, 2795, 2846, 3259, 3292, 3326, 3327
<i>Tectona</i>	6, 7, 55, 282, 416, 428, 442, 553–555, 564, 590, 604, 660, 666, 682, 684, 729, 740, 781, 817, 819, 821, 822, 848, 890, 962, 1031, 1238, 1254, 1295, 1348, 1360, 1374, 1446, 1506, 1595, 1602, 1611, 1641–1643, 1648, 1662–1664, 1666, 1719, 1751, 1836–1838, 1841, 1848, 1904, 1919, 2042, 2043, 2109, 2111, 2116, 2160, 2174, 2184, 2211, 2244, 2369, 2424, 2469, 2580, 2581, 2585, 2598, 2642, 2690, 2693, 2719, 2732, 2847, 2848, 2888, 2903, 2993, 3045, 3047, 3048, 3146, 3168, 3185, 3186, 3256, 3269, 3309
<i>Terminalia</i>	151, 152, 852, 1794, 1942, 3112, 3113
<i>Toona</i>	104, 1265, 1268, 2289, 3127
<i>Viola</i>	100, 1559

Índice Bibliográfico Temático

Las referencias bibliográficas en la bibliografía se han organizado alfabéticamente y numerado. En este índice, las referencias que se refieren a los principales temas discutidos en el libro se han organizado numéricamente.

<i>Tema</i>	<i>Número de referencia</i>
Agricultura	62, 134, 135, 150, 215, 255, 269, 271, 277, 278, 286, 312, 335, 445, 502, 546, 547, 651, 658, 659, 703, 744, 752, 763, 764, 800, 812, 889, 919, 921, 925, 932, 956, 959, 973, 1002, 1018, 1021, 1068, 1074, 1108, 1207, 1213, 1216, 1239–1241, 1319, 1337, 1338, 1342, 1343, 1352, 1359, 1370, 1425, 1503, 1528, 1541, 1557, 1566, 1594, 1645, 1647, 1695, 1693, 1702, 1724, 1728, 1779, 1833, 1858, 1882, 1885, 1984, 2059, 2068, 2089, 2118, 2191, 2204, 2212, 2248, 2250, 2258, 2288, 2347, 2357, 2380, 2398, 2399, 2414, 2459, 2471, 2472, 2503, 2507, 2508, 2590, 2597, 2601, 2627, 2629, 2647, 2704, 2705, 2734, 2773, 2778, 2806, 2810, 2816, 2897, 2950, 2988, 3036, 3056, 3057, 3063, 3151, 3157–3163, 3291, 3336
Agroforestería	123, 213, 225, 230, 240, 263, 278, 283, 309, 344, 352, 371, 433, 445, 446, 447, 451, 471, 481, 484, 486, 500, 502, 506, 546, 552, 556, 562, 589, 595, 630, 666, 702, 719, 720, 745, 761, 764, 800, 801, 889, 941, 959, 1023, 1132, 1152, 1151, 1245, 1269, 1271, 1297, 1319, 1333, 1337, 1338, 1342, 1343, 1352, 1370, 1391, 1415, 1418, 1425, 1447, 1451, 1478, 1486, 1526, 1566, 1599, 1658, 1667, 1668, 1677, 1682, 1689, 1691, 1696, 1702, 1715, 1920, 1935, 1938, 1967, 2034, 2056, 2071, 2118, 2179–2183, 2237, 2245, 2258, 2261, 2268, 2352, 2462, 2476, 2484, 2490, 2494, 2506, 2520, 2537, 2553, 2568, 2590, 2594, 2636, 2637, 2651, 2664, 2704, 2715, 2716, 2717, 2743, 2781, 2799, 2804, 2826, 2923, 2958, 3073
Agua	
-Influencias del agua	163, 345, 405, 661, 739, 740, 746, 817, 1144, 1150, 1327, 1333, 1389, 1441, 1547, 1585, 1587, 1619, 1661, 1730, 1779, 1820, 1914, 2062, 2135, 2159, 2251, 2364, 2412, 2584, 2646, 2981, 3267
-Manejo del agua	163, 192, 345, 405, 661, 746, 1074, 1150, 1322, 1617, 1619, 1779, 2159, 2363, 2646, 3198
Ambiente	245, 1386, 1729, 1816, 1915, 1923, 1984, 1989, 2292, 3247

<i>Tema</i>	<i>Número de referencia</i>
Ambiente social	142, 172, 194–200, 202, 203, 247–249, 277, 283, 314, 324, 354, 482, 1244, 1272, 1329, 1332, 1394, 1451, 1556, 1636, 1692, 1724, 1828, 1855, 1953, 2051, 2079, 2098, 2108, 2151, 2350, 2516, 2556, 2568, 2752, 2801, 2803, 2823, 2858, 3304, 3340
Bambú	103, 122, 253, 270, 292, 344, 351, 834, 903, 942, 1281, 1305, 1347, 1872, 2054, 2061, 2229–2232, 2431, 2691, 2757, 2801, 2849, 2947, 2984, 2985, 3041, 3053, 3199, 3249, 3250, 3328
Bosque comunitario	175, 336, 368, 506, 622, 676, 714, 1612, 2488, 2496, 2606, 2615, 2736, 3000, 3042
Bosque húmedo y pluvial	39, 40, 79, 90, 121, 164, 187, 202, 208, 221, 223, 250, 252, 274, 279, 289, 311, 320, 328, 330, 331, 364, 378, 401, 406–408, 431, 447, 454, 455, 470, 485, 492, 505, 559, 562, 566, 574, 581, 583, 585, 598–600, 602, 612, 614–616, 642, 670, 672, 674, 677, 680, 691, 703, 708, 776, 783, 785, 786, 811, 823, 823, 846, 851, 854, 857, 863–865, 872, 873, 875, 879 887, 898, 924, 931, 952, 970, 971, 980, 984, 986, 1002, 1010, 1011, 1018–1022, 1027, 1045, 1047, 1053, 1054, 1058, 1073, 1076, 1077, 1079, 1083, 1085–1087, 1097, 1136, 1137, 1153, 1154, 1157, 1187, 1190, 1191, 1242, 1279, 1280, 1283, 1391, 1401, 1413, 1436, 1448, 1463, 1473, 1493, 1494, 1518, 1529, 1537, 1563, 1569, 1570, 1577–1579, 1582, 1584–1587, 1659–1661, 1687, 1697, 1698, 1700, 1706, 1709, 1710, 1711, 1713, 1714, 1740, 1741, 1765, 1773, 1775, 1777, 1781, 1785, 1786, 1790, 1799, 1813, 1859, 1863, 1921, 1935, 1938, 1939, 1995, 1999, 2001, 2040, 2052, 2062, 2067, 2071, 2078, 2080, 2094, 2096, 2097, 2109–2111, 2114, 2128, 2138, 2144, 2159, 2175, 2176, 2203, 2208–2210, 2213, 2217, 2246, 2255, 2256, 2265, 2278, 2291, 2299, 2306, 2347, 2375, 2406, 2409, 2410, 2425, 2426, 2436, 2440, 2481, 2505, 2507, 2509, 2530, 2532, 2534, 2538, 2540, 2542, 2565, 2567, 2570, 2572, 2579, 2584, 2587, 2608, 2637, 2645, 2655, 2663, 2670, 2681, 2701, 2709, 2721, 2754, 2776, 2782, 2793, 2803, 2807, 2813, 2833, 2834, 2835, 2856, 2858, 2874, 2877, 2885–2887, 2977, 2981, 3018, 3055, 3068, 3086, 3088–3091, 3101, 3102, 3108, 3133, 3155, 3174, 3175, 3177–3179, 3201, 3202, 3209, 3213, 3215–3217, 3224, 3240, 3244, 3247, 3248, 3285, 3286, 3290, 3294, 3301–3304, 3307, 3308, 3312, 3313

Índice Bibliográfico Temático

<i>Tema</i>	<i>Número de referencia</i>
Bosque montano	833, 1006, 1077, 1115, 1148, 1281–1283, 1401, 1646, 1737, 1739, 1764, 1962, 2007, 2068, 2118, 2119, 2326, 2364, 2453, 2569, 2813, 2893, 2898, 2966, 2973, 3007, 3022, 3034, 3057, 3073, 3111
Bosque primario	40, 67, 329, 420, 470, 599, 1124, 1189, 1256, 1283, 1318, 1358, 1420, 1469, 1529, 3289
Bosque seco	22, 57, 116, 223, 261, 336, 346, 347, 365, 488, 507, 519, 520, 536, 623, 636, 671, 730, 749, 756, 767, 852, 884, 888, 950, 960, 965, 1014, 1017, 1023, 1024, 1033, 1063, 1097, 1209, 1210, 1214, 1251, 1253, 1256, 1258, 1365, 1373, 1436, 1468, 1471, 1488, 1513, 1524, 1526, 1527, 1544, 1607, 1621, 1624, 1627, 1649, 1655, 1656, 1675–1677, 1685, 1716, 1730, 1734, 1735, 1737, 1738, 1742, 1746, 1754, 1804, 1807, 1839, 1847, 1903, 1991, 2036, 2037, 2045, 2086, 2087, 2091, 2093, 2106, 2121, 2134, 2170, 2173, 2251, 2262, 2263, 2298, 2327, 2478, 2502, 2525, 2546, 2582, 2600, 2638, 2699, 2735, 2829, 2872, 2914, 2936, 2937, 3073, 3137, 3180, 3239, 3332
Bosque secundario	40, 92, 93, 198, 327, 599, 785, 859, 923, 1001, 1078, 1080, 1098, 1102, 1124, 1191, 1198, 1247, 1330, 1584, 1646, 1660, 1895, 2115, 2190, 2214, 2358, 2532, 2542, 2573, 2579, 2688, 2721, 2754, 2780, 2782, 2827, 2874, 2881, 2988, 3105, 3131, 3132, 3184, 3188, 3215, 3224, 3248, 3284, 3287, 3296, 3300, 3319
Bosques industriales	27, 119, 120, 126, 143, 161, 166, 218, 949, 1055, 1095, 1107, 1232, 1248, 1452, 1592, 1603, 1629, 1744, 1762, 1783, 1875, 1977, 2067, 2090, 2303, 2306, 2382, 2487, 2802, 2808, 2857, 3103, 3194
Clima	156, 180, 273, 285, 300, 476, 487, 545, 563, 596, 601, 652, 695, 736, 749, 884, 886, 961, 984, 1071, 1123, 1133, 1163, 1166, 1262, 1349, 1426–1428, 1430, 1438, 1468, 1588, 1672, 1686, 1708, 1721, 1802, 1851, 1863, 1910, 2027, 2081, 2107, 2202, 2416, 2419, 2498, 2541, 2544, 2545, 2575, 2576, 2590, 2675, 2784, 2792, 2899, 2929–2934, 2954, 2955, 2963, 3005, 3006, 3013, 3020, 3024, 3035, 3039, 3065, 3119, 3122, 3124, 3174, 3192, 3209
-Influencias climáticas	123, 285, 300, 405, 412, 413, 510, 545, 567, 568, 962, 984, 1121, 1123, 1163,

<i>Tema</i>	<i>Número de referencia</i>
	1166, 1181, 1522, 1686, 1778, 1851, 1861, 1863, 1892, 1902, 1903, 1999, 2065, 2125, 2137, 2202, 2419, 2461, 2524, 2575, 2792, 2826, 2899, 3020, 3033, 3057, 3119, 3174, 3209
Consideraciones sociales y económicas	110, 142, 146, 150, 172, 173, 175, 187, 199, 201, 202, 203, 205, 236, 249, 308, 309, 314, 317, 324, 351, 354, 361, 371, 453, 539, 570, 650, 744, 945, 977, 978, 980, 1016, 1018, 1019, 1020, 1022, 1028, 1030, 1062, 1109, 1112, 1120, 1190, 1194, 1203–1205, 1213, 1244, 1246, 1257, 1300, 1327, 1329, 1338, 1345, 1359, 1369, 1396, 1451, 1510, 1572, 1603, 1636, 1654, 1684, 1688, 1692, 1783, 1850, 1867, 1869, 1870, 1882, 1971, 1977, 2077, 2098, 2141, 2146, 2151, 2291, 2350, 2386, 2401, 2403, 2405, 2410, 2420, 2423, 2436, 2448, 2486, 2495, 2503, 2554, 2574, 2610, 2636, 2643, 2651, 2663, 2664, 2715, 2726, 2752, 2775, 2790, 2794, 2802, 2857, 2858, 2940, 2955, 2997, 3015, 3074, 3111, 3194, 3243, 3263, 3340
Crecimiento/Incremento	39, 40, 93, 93, 430, 460, 464, 489, 527, 580, 588, 591, 758, 867, 872–875, 994, 1044, 1127, 1159, 1201, 1282, 1320, 1377, 1378, 1381, 1439, 1448, 1520, 1526, 1549, 1559, 1581, 1634, 1649, 1655, 1656, 1730, 1773, 1798, 1827, 1904, 1932, 1974, 2033, 2034, 2113, 2128, 2190, 2199, 2233, 2294, 2512, 2517, 2551, 2655, 2808, 2888, 2905, 2946, 2964, 3037, 3068, 3087, 3090, 3105, 3106, 3116, 3128, 3136, 3148, 3164, 3170, 3185, 3314, 3315, 3333
Desyerbado	360, 590, 911, 1131, 1255, 1310, 1357, 1432, 1729, 1751, 1759, 1795, 1796, 1799, 2205, 2500
Ecología	264, 275, 294, 315, 317, 334, 340, 341, 350, 353, 370, 401, 407, 410, 411, 419, 492, 493, 497, 505, 513, 572, 576, 583, 598, 680, 681, 684, 721, 736, 740, 741, 759, 760, 762, 765, 766, 784, 815, 820, 826, 846, 876, 877, 890, 893, 898, 906, 909, 915, 923, 981, 999, 1003, 1015, 1016, 1033, 1045, 1046, 1052, 1058, 1064, 1078, 1091, 1096, 1098, 1119, 1128, 1135, 1139, 1143, 1152, 1160, 1177, 1181, 1182, 1185, 1187, 1191, 1203–1206, 1208, 1247, 1282, 1288, 1299, 1303, 1306, 1307, 1313, 1315, 1328, 1330, 1336, 1344, 1349, 1354, 1373, 1377, 1378, 1380, 1387, 1391, 1416, 1421, 1425, 1427–1429, 1431, 1463, 1487, 1506, 1520, 1529, 1537, 1539, 1540, 1542, 1562, 1570, 1571, 1572,

<i>Tema</i>	<i>Número de referencia</i>	<i>Tema</i>	<i>Número de referencia</i>
	1579, 1580, 1582, 1585, 1618, 1660, 1699, 1722, 1732, 1829, 1881, 1890, 1891, 1965, 1966, 1978, 1981, 2236, 2240, 2254, 2255, 2256, 2259, 2276, 2407, 2408, 2440, 2456, 2509, 2526, 2531, 2533, 2535, 2579, 2648, 2652, 2667, 2670, 2689, 2753, 2767, 2789, 2809, 2824, 2847, 2857, 2898, 2900, 2901, 2907, 2908, 2911–2913, 2928, 3077, 3121, 3144, 3193, 3203, 3204, 3303		1481, 1509, 1614, 1628, 1678, 1749, 1771, 1838, 1854, 1906, 1932, 1933, 1961, 1968, 1998, 2016, 2019, 2047, 2087, 2113, 2143, 2196, 2199, 2245, 2252, 2279, 2404, 2434, 2451, 2550, 2552, 2598, 2636, 2640, 2649, 2659, 2660, 2693, 2697, 2723, 2726, 2737–2739, 2741, 2642, 2746, 2749, 2771, 2774, 2785, 2837, 2838, 2852–2854, 2909, 2985, 3048, 3115, 3126, 3128, 3136, 3138–3140, 3205, 3207, 3233, 3277
Ecosistema		Establecimiento	6–8, 11, 12, 19, 24, 42, 47, 69, 73, 74, 86, 107, 116, 127, 131, 190, 257, 268, 295, 489, 571, 623, 628, 630, 636, 637, 639, 648, 649, 660, 666, 690, 704, 705, 716, 770, 807, 808, 823, 897, 912, 941, 966, 974–976, 992, 997, 1022, 1024, 1037, 1042, 1051, 1089, 1115, 1209, 1210, 1253, 1258, 1259, 1290, 1291, 1293, 1316, 1335, 1353, 1415, 1453, 1460, 1462, 1504, 1505, 1509, 1516, 1602, 1626, 1631, 1785, 1790, 1837, 1839, 1840, 1847, 1874, 1883, 1976, 1997, 2003, 2008, 2009, 2011, 2012, 2017, 2034, 2036, 2042, 2048, 2086, 2134, 2290, 2296, 2326–2329, 2448, 2502, 2513, 2515, 2519, 2591, 2596, 2610, 2624, 2625, 2633, 2649, 2659–2661, 2727, 2749, 2756, 2766, 2843, 2844, 2871, 2880, 3047, 3095, 3329, 3330, 3332
-Características del ecosistema	178, 192, 265, 274, 279, 307, 329, 330, 334, 449, 470, 482, 522, 529, 581, 582, 583, 599, 612, 642, 708, 741, 746, 759, 765, 784, 815, 906, 922, 971, 972, 1015, 1023, 1033, 1034, 1046, 1047, 1052, 1085, 1091, 1092, 1119, 1135, 1136, 1137, 1183, 1184, 1200, 1208, 1427, 1431, 1443, 1500, 1616, 1635, 1699, 1893, 1954, 1991, 2000, 2096, 2097, 2150, 2166, 2170, 2253, 2275, 2356, 2392a, 2407, 2425, 2427, 2428, 2530, 2539, 2617, 2618, 2677, 2679, 2684, 2709, 2720, 2783, 2815, 2822, 2891, 2898, 2926, 2984, 3021, 3091, 3094, 3178, 3179, 3190, 3193, 3214, 3216, 3218, 3219, 3286, 3290, 3326, 3328	Fenología	138, 285, 289, 302, 347, 369, 512, 521, 688, 732–734, 750, 835, 895, 1075, 1076, 1097–1100, 1401, 1720, 1826, 2078, 2144, 2158, 2208–2210, 2220, 2698, 2890
-Funciones del ecosistema	178, 192, 275, 294, 586, 909, 1077, 1091, 1117, 1125, 1141, 1142, 1537, 1544, 1583, 1584, 1590, 1635, 1691, 1706, 1711, 1807, 1820, 1900, 1902, 2167, 2256, 2440, 2588, 2817, 2818, 2873, 2979, 2981, 3148, 3184, 3213, 3214, 3223, 3276, 3286	Fincas forestales	917, 1109, 1612, 1715, 2940, 3074
-Productividad del ecosistema	313, 413, 465, 578, 586, 758, 811, 865, 872, 874, 903, 944, 1052, 1082, 1110, 1116, 1185, 1463, 1526, 1581, 1699–1701, 1890–1893, 2121, 2136, 2168, 2169, 2201, 2266, 2314, 2341, 2481, 2557, 2576, 2600, 2961, 2988, 3221, 3222, 3252, 3314	Hábitos de los árboles	348, 394, 395, 397, 398, 411, 512, 683, 688, 732, 733, 734, 805, 813, 814, 850, 868, 871, 948, 951, 1168, 1324, 1355, 1445, 1535, 1543, 1547, 1551, 1553–1555, 1709, 1710, 1731, 1819, 1826, 1943, 2072, 2101, 2158, 2211, 2260, 2366, 2477, 2571, 2644, 2748, 2814, 2925, 2948, 2949, 2964, 3023, 3070, 3079, 3116, 3264
-Regeneración del ecosistema	687, 820, 1189, 1192, 1633, 1898, 2152, 2153, 2164, 2206, 2207, 2542	Historia	88, 587, 1047, 1815, 1837, 1941, 2090, 2149, 2166, 2198, 2269, 2282, 2283, 2315, 2485, 2493, 2558, 2860, 2991, 3036, 3198
-Estructura del ecosistema	13, 56, 178, 192, 586, 612, 1045, 1085, 1186, 1315, 1577, 1582, 1714, 1807, 1811, 1863, 1970, 2203, 2335, 2538, 2539, 2546, 2565, 2709, 2769, 2885–2887, 2979, 3184, 3223, 3285, 3295, 3322	Inventario	158, 166, 300, 374, 606, 786, 805, 1153–1156, 1246, 1274, 1275, 1314, 1315, 1321, 1340, 1361–1365, 1368, 1369, 1473, 1495, 1497, 1501, 1560, 1713, 1822–1825, 1936, 1959, 1988, 2126, 2217, 2285, 2295, 2341, 2370, 2378, 2428, 2473, 2632, 2634, 2699, 2793, 2820, 2876, 2957, 2999, 3016, 3040, 3055, 3081, 3118, 3248, 3293, 3346
Espaciamiento, raleo	10, 16, 37, 136, 266, 296, 398, 429, 443, 473, 475, 518, 530, 611, 751, 768, 792, 798, 875, 1031, 1041, 1050, 1063, 1101, 1141, 1142, 1159, 1284, 1290, 1316, 1335, 1374, 1395, 1480,		

Índice Bibliográfico Temático

<i>Tema</i>	<i>Número de referencia</i>
Manejo	2, 4, 20, 110, 125, 198, 217, 235, 239, 250, 251, 254, 269, 292, 339, 361, 406, 407, 427, 428, 440, 441, 455, 575, 609, 667, 668, 670, 671, 735, 788, 827, 834, 846, 862, 918, 1014, 1019, 1039, 1040, 1052, 1110, 1111, 1198, 1312, 1323, 1366, 1367, 1396, 1518, 1532, 1561, 1871, 1884, 1952, 1957, 1958, 1987, 2050, 2104, 2175, 2293, 2298, 2345, 2409, 2420, 2570, 2572, 2587, 2653, 2655, 2663, 2689, 2707, 2714, 2740, 2754, 2857, 2861, 2863, 2864, 2908, 2962, 3018, 3025, 3053, 3054, 3088, 3089, 3130, 3176, 3189, 3244
-Planificación del manejo	20, 222, 508, 1120, 1477, 1549, 1629, 1755, 1763, 1811, 2351, 2567, 3347
Manglares	13, 20, 59, 168, 251, 366, 381, 393, 657, 706, 721, 735, 741, 742, 972, 1030, 1040, 1323, 1416, 1538, 1553, 1554, 1555, 1601, 1622, 1673, 1674, 1679, 1680, 1683, 1722, 1748, 1750, 1897, 1905, 1952, 1957, 1964, 2023, 2133, 2185, 2682, 2685, 2894, 2908, 3049, 3092, 3117, 3134, 3152, 3312
Mejoramiento genético de los árboles	117, 146, 162, 188, 220, 299, 316, 358, 382, 408, 409, 416, 436, 458, 462, 463, 480, 535, 540, 544, 576, 618, 628, 631, 632, 682, 692, 757, 770, 840, 841–845, 908, 914, 931, 946–948, 951, 968, 975, 985, 1005, 1130, 1157, 1235, 1236, 1250, 1295, 1301, 1325, 1360, 1393, 1414, 1455, 1456, 1476, 1491, 1499, 1502, 1504, 1505, 1548, 1572, 1593, 1594, 1600, 1613, 1637, 1638, 1642–1644, 1650–1653, 1657, 1665, 1733–1740, 1742, 1760, 1772, 1805, 1806, 1809, 1831, 1856, 1857, 1907, 1909, 1922, 1948, 2005, 2006, 2025, 2033, 2058, 2083, 2084, 2130, 2147, 2187, 2221, 2223–2228, 2262, 2270, 2300, 2336, 2337, 2340, 2343, 2365, 2369, 2390, 2391, 2393, 2415, 2424, 2442, 2491, 2510, 2548, 2555, 2585, 2641, 2707, 2712, 2713, 2718, 2762–2764, 2794, 2811, 2822, 2846, 2872, 2889, 2915, 2939, 2975, 2990, 2992, 3098, 3042, 3046, 3051, 3052, 3060, 3210, 3241, 3243, 3245, 3255–3257, 3274, 3280–3282, 3309, 3337, 3339, 3341, 3343, 3344
Nutrientes	325, 390, 391, 414, 466, 467, 497, 526, 537, 538, 546, 560, 561, 773, 776, 1048, 1184, 1185, 1188, 1242, 1303, 1350, 1379, 1387, 1583, 1590, 1593, 1640, 1661, 1701, 1710, 1712, 1768, 1797, 1798, 1834, 1962, 1999, 2001, 2004, 2033, 2057, 2063, 2064, 2073, 2075, 2085, 2088, 2101, 2113, 2119, 2124, 2243, 2246, 2344, 2381, 2481, 2528,

<i>Tema</i>	<i>Número de referencia</i>
	2588, 2607, 2692, 2817, 2818, 2973, 2981, 3142, 3143, 3183, 3187, 3235, 3261
Objetivos	194, 196, 197, 200, 205, 222, 233, 234, 479, 483, 656, 674, 701, 737, 738, 806, 874, 903, 953–955, 978, 979, 989, 1001, 1110, 1134, 1270, 1285, 1393, 1400, 1488, 1532, 1643, 1654, 1657, 1662, 1761–1763, 1846, 1864, 1868, 1869, 2077, 2122, 2251, 2306, 2311, 2515, 2554, 2643, 3100, 3106, 3141, 3197, 3304
Pestes y Enfermedades	50, 169, 190, 243, 244, 355–357, 434, 528, 733, 766, 983, 986, 1065, 1145, 1146, 1173, 1188, 1265–1268, 1360, 1398, 1405–1411, 1437, 1485, 1508, 1539, 1540, 1648, 1766, 1901, 1969, 2020, 2200, 2348, 2511, 2549, 2586, 2635, 2680, 2694, 2724, 2800, 3002
Planificación de la investigación	188, 193, 242, 246, 319, 472, 583, 592, 625, 628, 629, 862, 957, 981, 1181, 1404, 1499, 1532, 1745, 1878, 1879, 1907, 2070, 2092, 2123, 2126, 2147, 2376, 2465, 2556, 2568, 2605, 2706, 2965, 3096–3098
Planificación del uso de la tierra	320, 565, 585, 655, 749, 779, 832, 833, 873, 877, 925, 1020, 1021, 1074, 1110, 1120, 1199, 1425, 1493, 1566, 1629, 1692, 1756, 1960, 1963, 1971, 2156, 2357, 2363, 2380, 2463, 2508, 2816, 2956, 2997, 3010, 3088
Plantación en sotobosque	332, 454, 536, 617, 672, 673, 727, 775, 793, 794, 827, 852, 856, 1079, 1106, 1148, 1158, 1311, 1741, 2052, 2279, 2776, 2881, 2895, 2896, 2995, 3045, 3202, 3224
Plantaciones	9, 29, 46, 73, 125, 130, 205, 210, 264, 265, 269, 275, 282, 297, 333, 349, 350, 367, 403, 415, 422, 424, 466, 554, 555, 561, 564, 603–605, 627, 644, 685, 773, 878, 899, 900, 963, 964, 976, 992, 1049, 1060, 1176, 1193, 1238, 1248, 1251, 1254, 1279, 1280, 1356, 1375, 1397, 1444, 1523, 1545, 1546, 1565, 1615, 1664, 1666, 1669, 1675, 1681, 1705, 1716, 1768, 1774, 1780, 1785, 1841, 1845, 1849, 1860, 1867, 1875, 1899, 1990, 1992, 1996, 2007, 2031, 2032, 2036, 2063, 2064, 2071, 2073, 2085, 2088, 2116, 2124, 2127, 2154, 2177, 2195, 2205, 2243, 2263, 2293, 2332, 2333, 2371, 2372, 2381, 2422, 2437, 2466, 2497, 2527, 2528, 2583, 2603, 2611, 2613, 2614, 2656, 2668, 2669, 2687, 2703, 2718, 2719, 2722, 2729, 2745, 2751, 2786, 2845, 2850, 2851, 2867–2869, 2888, 2904, 2943, 2980, 2993, 2994, 2998, 3031, 3050, 3066,

<i>Tema</i>	<i>Número de referencia</i>	<i>Tema</i>	<i>Número de referencia</i>
	3067, 3078, 3125, 3127, 3145, 3187, 3191, 3200, 3206, 3249, 3265, 3271, 3272, 3318, 3320, 3342		1510, 1572, 1580, 1581, 1605, 1625, 1626, 1669, 1681, 1688, 1703, 1717, 1754, 1865, 1989, 2049, 2120, 2127, 2171, 2264, 2286, 2287, 2313, 2386, 2516, 2574, 2593, 2611, 2613, 2621, 2687, 2695, 2696, 2703, 2747, 2777, 2872, 2959, 3042
-Rendimientos de las plantaciones	18, 54, 160, 204, 214, 216, 223, 266, 323, 343, 432, 464, 466, 514, 541, 572, 590, 610, 640, 669, 896, 899, 912, 945, 949, 963, 964, 982, 987–993, 999, 1025, 1027, 1029, 1032, 1035, 1050, 1059, 1062, 1082, 1105, 1172, 1195, 1248, 1286, 1287, 1371, 1372, 1390, 1399, 1402, 1434, 1446, 1455, 1458, 1459, 1479, 1498, 1515, 1522, 1558, 1562, 1590, 1595, 1603, 1604, 1617, 1663, 1669, 1677, 1678, 1681, 1694, 1703, 1719, 1727, 1769–1771, 1773, 1827, 1830, 1852, 1887, 1904, 1918, 1947, 1948, 1951, 1955, 1982, 2042, 2045, 2046, 2053, 2132, 2257, 2266, 2272, 2290, 2301, 2305, 2307, 2309, 2310, 2337–2339, 2342, 2361, 2372, 2388, 2403, 2435, 2439, 2443, 2475, 2482, 2512, 2563, 2602, 2609, 2621–2623, 2642, 2657, 2659, 2672, 2690, 2695–2697, 2723, 2730, 2744, 2745, 2762, 2763, 2768, 2779, 2795, 2821, 2831, 2855, 2882, 2884, 2924, 2945, 2982, 2986, 3001, 3058, 3059, 3069–3071, 3075, 3081, 3093, 3135, 3150, 3225, 3253, 3257, 3269, 3325	Producción de madera	118, 205, 254, 398, 524, 607, 663, 698, 699, 863, 895, 963, 964, 1022, 1098, 1170, 1309, 1376, 1381, 1385, 1482, 1494, 1506, 1577, 1578, 1596, 1601, 1635, 1684, 1698, 1726, 1748, 1750, 1758, 1812, 1859, 1972, 1993, 2037, 2038, 2067, 2094, 2102, 2103, 2133, 2213, 2218, 2229–2232, 2276, 2292, 2300, 2335, 2349, 2362, 2367, 2370, 2371, 2382, 2387, 2388, 2395, 2396, 2411, 2435, 2447, 2489, 2505, 2547, 2572, 2620, 2634, 2655, 2682, 2691, 2700, 2709, 2746, 2770, 2772, 2787, 2789, 2808, 2824, 2828, 2833–2835, 2840, 2845, 2859, 2878, 2879, 2883, 2900, 2907, 2909, 2914, 2917, 2938, 2942, 2967, 3015, 3053, 3085, 3089, 3099, 3103, 3104, 3114, 3133, 3177, 3203, 3206, 3233, 3234, 3263, 3270, 3277, 3297, 3299, 3307, 3308, 3310–3312
Poda	48, 49, 109, 264, 450, 553, 768, 798, 1043, 1061, 1844, 1947, 1949, 2131, 2450, 2451, 2452, 2454, 2552, 2659, 2673, 2708, 3138, 3140	Programas de investigación	144, 188, 207, 219, 221, 246, 271, 363, 429, 458, 560, 625–627, 629, 637, 678, 683, 685, 709, 712, 718, 760, 772, 839, 854, 939, 946, 1059–1061, 1098, 1189, 1191, 1192, 1200, 1220, 1221, 1276, 1277, 1339, 1461, 1523, 1527, 1574, 1614, 1651, 1652, 1745, 1749, 1813, 1814, 1872, 1933, 1950, 2047, 2095, 2161, 2236, 2316, 2317, 2343, 2429, 2438, 2439, 2455, 2460, 2515, 2577, 2640, 2790, 2798, 2811, 2877, 2892, 2920, 2943, 3047, 3072, 3256
Políticas	1, 29–36, 44, 64, 76, 95, 97, 102, 137, 167, 173, 179, 183, 191, 193, 201, 209, 222, 226, 232, 236, 237, 240, 262, 327, 369, 392, 453, 482, 507, 565, 717, 733, 851, 918, 945, 953, 978, 989, 993, 1020, 1134, 1657, 1690, 1762, 1763, 1849, 1864, 1868, 2311, 2375, 2643, 2860, 2870, 3101, 3102, 3195, 3196, 3197	Propagación	38, 45, 71, 82, 124, 138, 145, 156, 253, 260, 272, 288, 291, 303, 322, 359, 384, 436, 463, 468, 501, 519, 532–534, 548, 549, 551, 558, 633, 638, 653, 665, 692, 709, 715, 770, 804, 819, 831, 842–845, 891, 902, 910, 912, 917, 919, 966, 988, 1031, 1036, 1051, 1067, 1126, 1199, 1211, 1212, 1260, 1292, 1295, 1300, 1304, 1305, 1341, 1360, 1403, 1414, 1435, 1440, 1449, 1464, 1471, 1489–1491, 1514, 1524, 1573, 1575, 1576, 1606, 1607, 1611, 1621, 1637, 1638, 1641, 1642, 1648, 1650, 1670, 1680, 1693, 1718, 1760, 1810, 1889, 1905, 1909, 1927–1929, 1934, 1942, 1964, 1980, 2010, 2013, 2042, 2058, 2066, 2083, 2099, 2125, 2174, 2186, 2189, 2206, 2207, 2221, 2267, 2296, 2345, 2346, 2402, 2438, 2459, 2474, 2483, 2521, 2683, 2694, 2698, 2725, 2730–2732, 2755, 2760, 2761, 2765, 2796, 2797, 2841, 2844, 2849, 2871, 2890,
Preferencia de sitio	385, 386, 387, 461, 477, 510, 515, 564, 568, 573, 641, 836, 848, 881, 886, 926, 957, 982, 1026, 1044, 1121, 1129, 1135, 1160, 1162–1164, 1166, 1167, 1171, 1174, 1176–1179, 1181, 1182, 1202, 1249, 1262, 1273, 1281, 1479, 1492, 1515, 1522, 1552, 1595, 1604, 1663, 1673, 1723, 1948, 2011, 2355, 2379, 2441, 2534, 2548, 2561, 2563, 2580, 2602, 2606, 2607, 2650, 2652, 2654, 2660, 2759, 2812, 2842, 2910, 2912, 2921, 2972, 2973, 2994, 3033–3035, 3044, 3083, 3103, 3109, 3110, 3335		
Producción de energía	43, 181, 186, 199, 211, 223, 229, 290, 308, 310, 368, 496, 623, 624, 647, 675, 726, 754, 892, 905, 939, 940, 950, 954, 995, 1057, 1125, 1251, 1263, 1290, 1432, 1450, 1458, 1459,		

Índice Bibliográfico Temático

<i>Tema</i>	<i>Número de referencia</i>
	2892, 2927, 2935, 2971, 2974, 2996, 3026, 3061, 3076, 3084, 3112, 3242, 3268, 3278, 3283, 3316, 3326, 3327, 3329, 3331
Protección	262, 274, 392, 598, 600, 686, 756, 832, 833, 846, 859, 1071, 1080, 1388, 1429, 1442, 1685, 1764, 1931, 1941, 1956, 1981, 2002, 2021, 2114, 2297, 2406, 2417, 2418, 2536, 2875, 2912, 3054, 3284
Raleo (Ver Espacimientto)	
Refinamiento	58, 63, 79, 133, 287, 307, 372, 379, 439, 475, 574, 853, 855, 859, 861, 864, 869, 870, 914, 934, 952, 1070, 1083, 1092, 1102, 1477, 1484, 1494, 1496, 1512, 1513, 1548, 1597, 1598, 1612, 1687, 1777, 1781, 1783, 1856, 1854, 1896, 1936, 2014, 2015, 2039, 2076, 2115, 2148, 2217, 2383, 2394–2396, 2404, 2468–2405, 2616, 2701, 2832, 2839, 2983, 2989, 3028, 3086, 3129, 3137, 3271, 3272, 3294, 3300–3302, 3313, 3319
Reforestación	12, 15, 21, 59, 70, 115, 130, 162, 226, 261, 280, 281, 321, 336, 346, 365, 368, 417, 452, 459, 469, 474, 478, 484, 541, 559, 594, 602, 635, 664, 679, 693, 730, 731, 756, 767, 795, 823, 830, 852, 907, 913, 955, 1006, 1024, 1057, 1063, 1089, 1113, 1114, 1174, 1182, 1209, 1210, 1214, 1217, 1457, 1509, 1517, 1521, 1617, 1623, 1671, 1676, 1746, 1754, 1755, 1790, 1804, 1822, 1835, 1839, 1847, 1873, 1887, 1963, 1975, 2049, 2106, 2135, 2162, 2173, 2234, 2235, 2287, 2308, 2358, 2359, 2364, 2384, 2432, 2478, 2492, 2525, 2560, 2566, 2569, 2591, 2624, 2625, 2638, 2736, 2805, 2812, 2827, 2829, 2869, 2936, 2937, 3000, 3012, 3014, 3064, 3114, 3147, 3180, 3251, 3330
Regeneración natural	14, 22, 23, 26, 58, 61, 66, 121, 182, 252, 270, 321, 342, 389, 439, 485, 490, 491, 519, 547, 557, 559, 566, 594, 614, 615, 617, 687, 690, 722, 755, 785, 824, 930, 934, 935, 969, 1010, 1013, 1041, 1054, 1078, 1090, 1127, 1189, 1192, 1252, 1253, 1288, 1289, 1382, 1383, 1433, 1436, 1448, 1466, 1569, 1597, 1598, 1602, 1633, 1646, 1649, 1659, 1666, 1667, 1683, 1693, 1697, 1754, 1765, 1775–1777, 1813, 1814, 1817, 1895, 1898, 1913, 1939, 1940, 1995, 2004, 2080, 2126, 2160, 2172, 2176, 2184, 2214, 2215, 2251, 2265, 2271, 2273, 2281, 2330, 2371, 2394, 2429, 2479, 2480, 2671, 2684, 2688, 2691, 2692, 2721, 2787, 2880, 2888, 2893, 2937, 2946, 2960, 2970, 2987, 3027, 3092, 3117, 3131, 3132, 3155, 3201, 3215, 3240, 3250, 3259, 3288, 3298, 3313

<i>Tema</i>	<i>Número de referencia</i>
Regulación de la tala	252, 443, 609, 710, 1080, 2599, 3305
Rendimiento sostenible	161, 198, 241, 323, 327, 397, 430, 432, 465, 481, 502, 539, 578, 584, 606, 647, 865, 958, 1021, 1107, 1190, 1377, 1563, 1578, 1982, 2023, 2024, 2094, 2102, 2103, 2122, 2142, 2312, 2368, 2663, 2775, 2879
Reproducción de árboles	410, 891, 895, 930, 935, 1053, 1410, 1553, 1554, 1555, 1633, 1874, 1897, 1921, 2449, 3215, 3259
Requerimientos futuros	150, 179, 194–200, 234, 479, 562, 656, 674, 747, 892, 955, 1001, 1104, 1148, 1270, 1275, 1400, 1510, 1662, 1697, 1761, 1865, 1977, 2077, 2098, 2122, 2264, 2308, 2487, 2516, 2554, 2777, 2917, 3100, 3130, 3141, 3263, 3321
Selección de especies	65, 72, 75, 77, 78, 80, 81, 83–85, 87, 89, 94, 96, 99, 101, 103, 105, 106, 108, 111–115, 119, 120, 126, 128, 129, 139, 148, 149, 151–155, 158, 162, 164, 165, 170, 171, 174, 176, 177, 85, 186, 206, 208, 216, 218, 223, 225, 228, 229, 231, 256, 258, 259, 267, 272, 281, 284, 290, 298, 304–306, 338, 347, 350, 362, 373, 376, 377, 380, 383, 385–388, 402, 435, 451, 461, 471, 472, 477, 488, 494–496, 498, 499, 509, 515–517, 520, 523, 525, 542, 543, 589, 593, 624, 631–633, 636, 646, 663, 664, 696, 700, 707, 711, 712, 717, 724, 725, 729, 731, 753, 769, 771, 772, 774, 782, 787, 789, 790, 797, 809, 821, 822, 827–831, 838, 839, 847, 878, 880, 881, 885, 887, 890, 894, 898, 901, 904, 905, 908, 913, 916, 936, 943, 956, 960, 967, 1000, 1007–1009, 1023, 1027, 1038, 1050, 1056, 1069, 1084, 1088, 1093–1096, 1103, 1104, 1117, 1118, 1122, 1129, 1138, 1147, 1149, 1161, 1166, 1169, 1171, 1175, 1180, 1195, 1211, 1215, 1218, 1220, 1221, 1232–1235, 1237, 1263, 1264, 1285–1287, 1298, 1302, 1308, 1325, 1326, 1331, 1344, 1402, 1417, 1419, 1422, 1434, 1456, 1464, 1472, 1474, 1476, 1483, 1500, 1507, 1511, 1515, 1521, 1533, 1534, 1538, 1564, 1567, 1568, 1589, 1596, 1599, 1605, 1620, 1624, 1627, 1630, 1632, 1639, 1671, 1673, 1704, 1733–1742, 1744, 1747, 1752, 1753, 1761, 1767, 1772, 1780, 1782, 1785–1789, 1791–1794, 1800, 1801, 1803, 1808, 1818, 1821, 1830, 1843, 1845, 1848, 1849, 1860–1862, 1866, 1876, 1878, 1880, 1886–1887, 1908, 1911, 1912, 1916, 1917, 1924–1926, 1937, 1943–1945, 1954, 1976, 1977, 1979, 1985, 1986, 2017, 2018, 2022, 2029,

<i>Tema</i>	<i>Número de referencia</i>	<i>Tema</i>	<i>Número de referencia</i>
	2030, 2040, 2053, 2060, 2067, 2074, 2082, 2093, 2100, 2112, 2117, 2130, 2145, 2152, 2153, 2157, 2177, 2179, 2183, 2188, 2192–2194, 2197, 2215, 2219, 2222, 2238, 2241, 2242, 2259, 2274, 2286, 2289, 2290, 2301–2303, 2316–2325, 2331, 2334, 2352, 2354, 2355, 2359, 2360, 2368, 2374, 2378, 2385, 2397, 2400, 2414, 2421, 2430, 2431, 2433, 2444–2446, 2448, 2452, 2458, 2465, 2494, 2501, 2504, 2518, 2525, 2540, 2543, 2559, 2571, 2578, 2580, 2581, 2583, 2585, 2594, 2604, 2612, 2621, 2630, 2631, 2644, 2650, 2654, 2662, 2665, 2676–2678, 2681, 2700, 2702, 2710, 2711, 2720, 2733, 2735, 2758, 2768, 2779, 2807, 2825, 2836, 2842, 2862, 2865, 2870, 2881, 2903, 2913, 2916, 2918–2923, 2944, 2951–2953, 2957, 2968, 2976–2978, 2990, 3029, 3030, 3032, 3038, 3044, 3061, 3068, 3082, 3083, 3095, 3109, 3110, 3113, 3120, 3147, 3149, 3154, 3156, 3165–3173, 3181, 3182, 3186, 3208, 3211, 3212, 3237–3239, 3246, 3254, 3258, 3264, 3266, 3273, 3275, 3279, 3315, 3321, 3338, 3345		2819, 3003, 3039, 3046, 3227–3231, 3267, 3323, 3324, 3335, 3336
Silvicultura monocíclica	17, 53, 90, 254, 331, 337, 373, 378, 567, 622, 645, 691, 940, 970, 1003, 1013, 1035, 1070, 1106, 1317, 1382, 1383, 1413, 1423, 1458, 1466, 1530, 1685, 1726, 1775, 1797, 1815, 1940, 1992, 2139–2141, 2172, 2279, 2280, 2375, 2489, 2607, 2770, 2772, 2824, 2828, 2840, 2858, 2859, 2866, 2877, 2878, 2906, 2967, 2969, 2991, 3292, 3310	-Influencias del suelo	133, 318, 325, 340, 341, 391, 400, 438, 442, 526, 531, 537, 538, 579, 582, 723, 776–778, 796, 812, 820, 825, 836, 883, 886, 907, 961, 962, 972, 998, 1000, 1077, 1108, 1139, 1144, 1150, 1216, 1294, 1296, 1303, 1348, 1350, 1389, 1438, 1519, 1522, 1557, 1593, 1610, 1640, 1778, 1797, 1832, 1835, 1848, 1900, 1946, 1983, 1994, 2035, 2091, 2163, 2211, 2239, 2249, 2412, 2467, 2492, 2514, 2523, 2529, 2584, 2750, 2801, 2819, 2830, 2831, 2905, 2910, 3062, 3146, 3235, 3236, 3317, 3334
Silvicultura policíclica	90, 104, 311, 331, 336, 431, 457, 524, 567, 577, 613, 691, 713, 727, 849, 879, 970, 1012, 1014, 1035, 1080, 1111, 1252, 1346, 1381, 1385, 1413, 1423, 1477, 1482, 1493, 1518, 1726, 1817, 1835, 1840, 1841, 1970, 1972, 2022, 2046, 2094, 2138, 2140, 2155, 2280, 2489, 2592, 2595, 2599, 2645, 2770, 2772, 2788, 2824, 2828, 2833, 2834, 2840, 2858, 2866, 2877–2879, 2941, 2967, 2969, 2989, 2991, 3307	-Manejo del suelo	86, 134, 192, 255, 267–269, 318, 326, 390, 438, 442, 456, 469, 473, 474, 526, 531, 537, 546, 657, 723, 739, 776, 777, 783, 811, 938, 961, 996, 999, 1047, 1049, 1073, 1085, 1150, 1217, 1219, 1243, 1294, 1333, 1352, 1640, 1751, 1778, 1848, 1982, 2068, 2239, 2245, 2432, 2467, 2492, 2514, 2556, 2686, 2861, 3198, 3317
Suelo	91, 140, 141, 160, 255, 326, 390, 437, 447, 448, 469, 579, 608, 749, 777–780, 812, 848, 886, 927–929, 939, 961, 1034, 1074, 1155, 1216, 1249, 1384, 1438, 1492, 1519, 1536, 1557, 1593, 1608, 1609, 1610, 1647, 1707, 1708, 1712, 1930, 1946, 1962, 2119, 2129, 2180, 2191, 2239, 2245, 2247–2249, 2441, 2606, 2626–2628, 2666, 2686, 2692, 2791,	Técnicas de investigación	10, 72, 74, 100, 114, 128, 171, 323, 360, 381, 426, 432, 467, 500, 527, 550, 552, 556, 577, 581, 611, 619–622, 686, 742, 769, 785, 793, 794, 798, 810, 815, 816, 857, 866–868, 897, 933, 947, 985, 1066, 1232, 1233, 1235, 1259, 1260, 1545, 1546, 1733–1742, 1852, 1878, 1879, 1907, 1935, 2039, 2042, 2044, 2075, 2143, 2155, 2174, 2178, 2196, 2201, 2244, 2252, 2277, 2284, 2296, 2362, 2379, 2539, 2577, 2612, 2632, 2699, 2711, 2713, 2723, 2774, 2820, 2842, 2843, 2901, 2906, 3011, 3017, 3048, 3055, 3075, 3129, 3138–3140, 3153, 3193, 3213, 3217, 3221, 3222, 3259, 3260, 3262, 3280, 3282, 3290, 3298, 3316, 3333
		Uso múltiple	217, 445, 655, 719, 720, 1696, 1715
		Vegetación	133, 147, 293, 320, 416, 421, 423, 424, 585, 596, 597, 634, 642, 643, 689, 695, 791, 803, 826, 836, 837, 851, 882, 884, 888, 926, 961, 965, 1004, 1011, 1034, 1041, 1194, 1202, 1281, 1421, 1427, 1430, 1467–1470, 1531, 1720, 1721, 1756, 1757, 1893, 2150, 2156, 2299, 2392, 2426, 2427, 2499, 2533, 2534, 2569, 2608, 2619, 2652, 2658, 2674, 2813, 2954, 2966, 2975, 3004–3006, 3008, 3010, 3019, 3020, 3022, 3043, 3080, 3121–3123, 3220

Índice

- Abies*, información sobre especies, 424
- Acacia*
- agroforestería, 315, 331, 336
 - bosque secundario, 171
 - especies
 - albida*, 195, 336
 - arabica*, 67, 240, 242, 331
 - auriculiformis*, 224, 424
 - catechu*, 224
 - decurrens*, 202, 424
 - farnesiana*, 278
 - mangium*, 424
 - mearnsii*, 424
 - melanoxylon*, 193, 424
 - senegal*, 171, 315, 424
 - verek*, 424
 - villosa*, 276
 - información sobre especies, 424
 - materiales y técnicas de plantación, 222, 242
- Acioa*, agroforestería, 327
- Aclareos sucesivos. *Ver* Silvicultura, en bosque secundario, dosel protector
- Acrocarpus*
- información sobre especies, 424
 - material de plantación, 222
- Aditivos del suelo, 128, 247-251
- África del Sur. *Ver* Sudáfrica
- Agathis*
- cultivo en plantación, 271, 276
 - información sobre especies, 424
 - selección de especies, 196
- Agricultura. *Ver también* Agroforestería
- consideraciones sobre uso de la tierra, 44-52, 176, 214
 - estadísticas sobre producción de alimentos, 44
 - fauna, 34-35
 - implementación del manejo, 379
 - salvaguarda de los bosques, 37-39
 - sistema de clasificación de la capacidad de uso del suelo, 49-51
- Agricultura migratoria. *Ver* Agroforestería
- Agroforestería. *Ver también* Agricultura
- bosque secundario, 120, 121, 129, 312, 325
 - como una alternativa, 48
 - cultivos arbóreos, 38-39, 178
 - cultivos migratorios
 - conservación de nutrimentos, 320-323, 336
 - consideraciones, 323-324
 - costumbres y precedentes, 312
 - cultivo en callejones, 326
 - descripción, 313-314
 - enfoques de investigación, 374-376
 - mejoramiento de barbechos, 38-39, 46, 120, 121, 128, 129, 327
 - mejoramiento de la planificación local, 324-325
 - mejoramiento de prácticas de cultivo, 327-329
 - mejoramiento del uso de la tierra, 311, 325-327
 - objetivos del uso de fertilizantes, 322, 326-327, 329
 - prácticas tradicionales, 313-320
 - desarrollo de
 - beneficios de la agroforestería, 336-337
 - desventajas de los cultivos mixtos, 337-338
 - efectos de los cultivos mixtos en el rendimiento, 314-317
 - éxitos con cultivos mixtos, 335, 338-340
 - posibilidades versus limitaciones, 334-336
 - variables conceptuales, 332-333
 - descripción, 311, 332-333
 - especies forestales para, 459
 - producción de forraje, 66-67
 - sistema taungya, 236, 276-279, 329-333
 - valores de forraje, 339
- Agua. *Ver también* Clima, humedad
- influencias del agua
 - en el ciclo de nutrimentos, 85-89
 - en el crecimiento de los árboles, 89-91
 - en los suelos, 10-11, 13-14, 17-19
 - influencias del bosque en el agua, 35-36, 54-55, 61
 - irrigación, 278-279
- Albizia*
- información sobre especies, 424
 - material de plantación, 219
 - propagación, 226
- Alchornea*, bosque primario, 79
- Alemania
- cultivo en plantaciones, 281
 - planificación de plantaciones, 192
- Alnus*, información sobre especies, 424
- Amazonia. *Ver también* países específicos
- agricultura, 35
 - agroforestería, 312, 319
 - bosque primario
 - ciclo de nutrimentos, 88
 - composición del bosque, 80, 81
 - crecimiento de los árboles, 92
 - estructura del bosque, 69-71, 74, 77, 78
 - inestabilidad del, 69
 - influencias del medio ambiente, 101, 103
 - rendimientos, 109
 - bosques secundarios, 128, 161
 - deforestación, 26
 - distribución del bosque, 24, 26

Índice

- fertilidad del suelo, 37
- historia de asentamientos humanos, 33, 312
- necesidades de investigación, 345
- orígenes de los bosques, 23, 405
- planificación del uso de la tierra, 53
- planificación de plantaciones, 208
- plantas alucinógenas y medicinales, 59
- Ambiente físico. *Ver también* Clima; Planificación del uso de la tierra; Suelo; Agua
- bosque secundario, 122-124
- consecuencias de la sobre-explotación, 42-43
- e implementación del manejo, 337, 388
- influencias del bosque en
 - ambiente humano, 33-35
 - ciclo hidrológico, 26, 27, 29
 - distribución de plantas, 27-28
- y agroforestería, 312, 323
- y bosque primario, 69, 100-106
- y planificación del uso de la tierra, 48-51
- y planificación de plantaciones, 173-177, 180-184, 213-214
- y políticas de producción, 57-59, 63-64
- y silvicultura, 40, 55-56, 234
- y uso de herbicidas, 165-166, 237-238, 275
- Ambiente humano. *Ver* Ambiente físico; Consideraciones sociales
- Anacardium*
 - cultivo en plantaciones, 277
 - información sobre especies, 425
 - técnicas de plantación, 240, 241
- Anderson, patrón de, 243
- Andira*
 - bosque primario, 79
 - información sobre especies, 425
- Anogeissus*, información sobre especies, 425
- Anthocephalus*
 - cultivo en plantación
 - raleo, 286, 291
 - rendimientos, 450
 - tratamientos, 285
 - información sobre especies, 425
 - materiales de plantación, 218, 219, 220
 - planificación de plantaciones, 191, 195,
 - prácticas de vivero, 229
 - selección de especies, 195
 - sucesión en bosque secundario, 119
- Araucaria*
 - cultivo en plantación, 268, 269
 - raleo, 288, 297, 451-454
 - relaciones genéticas, 268, 269
 - rendimientos, 445-446
- establecimiento
 - materiales, 217, 220
 - prácticas de vivero, 229
 - técnicas, 242, 249
 - tipos de plantones, 230
- información sobre especies, 425
- planificación de plantaciones, 175, 182, 186, 205
- propagación, 225, 226
- Arboricidas, uso de, 165-166, 237-238
- Áreas boscosas. *Ver* Extensión y ubicación de los bosques; Inventarios de bosques
- Áreas de terreno en los trópicos
 - a nivel mundial, 1, 3
 - en el trópico americano, 2, 7, 16
- Argentina
 - agroforestería, 339
 - bosque secundario, 172
 - condiciones climáticas, 394
 - cultivo en plantación, 288, 297, 301, 451, 453
 - planificación de plantaciones, 187, 198, 200, 203, 204
- Aucoumea*
 - cultivo en plantación, 270, 455
 - establecimiento, 188
 - información sobre especies, 425
 - planificación de plantaciones, 186
- Australia
 - bosque primario, 84
 - bosque secundario
 - bosque residual, 116
 - consideraciones de producción, 124
 - liberación, 160
 - regeneración, 143, 158
 - rendimientos, 167
 - tala rasa, 140
- clasificación de los bosques, 412
- cultivo en plantación
 - calidad de sitio, 256, 258, 259
 - poda, 301
 - raleo, 286, 289, 292, 296-298
 - relaciones genéticas, 264-269
 - tratamientos, 276, 282, 284, 285
- enfoques de investigación, 365
- establecimiento y propagación
 - historia, 440
 - materiales de plantación, 222
 - propagación, 224, 226, 228
 - técnicas de plantación, 241, 249, 250
 - tipos de plántulas, 233
- planificación de plantaciones

- consideraciones de sitio, 181, 182
- plantaciones mixtas, 187
- selección de especies, 198-203
- Avicennia*
 - bosque primario, 105, 110
 - bosque secundario, 168, 169, 170
 - información sobre especies, 425
 - material de plantación, 217
- Azadirachta*
 - agroforestería, 331
 - información sobre especies, 425
 - planificación de plantaciones, 181
 - técnicas de plantación, 246
- Bagassa*, información sobre especies, 425
- Bambú
 - bosque secundario, 166
 - cultivo en plantación, 306-307
 - enfoques de investigación, 361
 - información sobre especies, 425
 - necesidades de investigación, 346
 - planificación de plantaciones, 191
 - plantación bajo dosel, 276
 - políticas de producción, 61
 - propagación y establecimiento, 219, 227
- Bangladesh
 - agroforestería, 336, 337
 - establecimiento y propagación, 439
- Barbados, condiciones climáticas, 393
- Belice
 - agroforestería, 331
 - bosque secundario, 140, 143
 - establecimiento y propagación, 222, 443
 - implementación del manejo, 379
 - plantaciones, 284
 - planificación de plantaciones, 197, 204
- Bertholletia*, información sobre especies, 425-426
- Biodiversidad. *Ver* Ecología; *tipos específicos de bosques*, p.ej. Bosque primario
- Birmania. *Ver* Myanmar
- Bolivia
 - condiciones climáticas, 6
 - planificación del uso de la tierra, 56
 - plantaciones, 263
- Bombacopsis*, información sobre especies, 426
- Bosque de barbecho. *Ver* Bosque secundario
- Bosque húmedo. *Ver* Clasificación de bosques; *encabezados específicos*, p. ej. Bosque primario
- Bosque montano. *Ver también* Clasificación de bosques
- deforestación, 36
- Bosque pantanoso. *Ver también* Clasificación de los bosques
 - bosque secundario, 167-168
- Bosque primario
 - comparación con bosque secundario, 113-114, 125-127
 - composición del bosque, 79-85
 - crecimiento del árbol, 89-96, 101-107
 - definición, 69, 113
 - densidad del bosque
 - área basal, 73
 - biomasa, 74
 - tamaño y número de árboles, 71-72
 - volumen del fuste, 73-74
 - estratificación, 75-76
 - estructura del bosque, 70-79, 109, 128-130
 - forma del árbol
 - copas, 70, 71, 78
 - follaje, 78-79
 - fuste, 76-77
 - gambas, 76
 - ramas, 77-78
 - sistema radicular, 76
 - influencias ambientales
 - experiencias en predicción del crecimiento, 105, 106
 - factores involucrados, 101-103
 - humedad, 101-102
 - luz, 104
 - suelos, 104-106
 - temperatura, 103-104
 - topografía, 105-06
 - velocidad del viento, 106-107
 - no disturbado, 70
 - nutrimentos, 85-89, 103, 104-107
 - panorama general, 69-70
 - políticas de producción, 57-59
 - rendimientos
 - madera útil, 107-108
 - productividad primaria, 107
 - variaciones entre bosques primarios, 109-111
 - reproducción, 96-101, 110-111
 - y agroforestería, 312-313
- Bosque residual. *Ver* Bosque secundario
- Bosque seco. *Ver también* Clasificación de bosques
 - bosque primario, 71, 73, 102
 - bosque secundario, 113, 170-172
- Bosque secundario. *Ver también* Silvicultura
 - barbecho o bosque voluntario, 113, 117, 126-127, 142, 149

Índice

- bosque pantanoso, 167-168
- bosque residual, 113-117, 125-126
- bosque seco, 113, 170-172
- como fuente de madera, 113
- comparación con bosque primario, 113, 114, 125-127
- conversión a plantaciones, 236
- definición, 113
- manglares, 168-170
- políticas de producción, 58-59
- productividad potencial por región o país, 113-115
- rendimientos, 126-128, 166-167, 171-172
- sucesión, 117-121, 125, 128-129
- y agroforestería, 120-121, 128, 312, 325-326
- y condiciones de producción, 121-127
- Bosque voluntario. *Ver* Bosque secundario
- Brasil
 - agricultura, 47
 - agroforestería
 - cultivos migratorios, 315, 320, 329
 - éxito con, 339
 - prácticas en uso, 335
 - sistema taungya, 331, 332
 - bosque primario
 - ciclo de nutrientes, 87, 88
 - composición del bosque, 80
 - crecimiento de los árboles, 94
 - estratificación, 76
 - estructura del bosque, 76, 77, 78
 - influencias del medio ambiente, 102-104
 - reproducción, 97, 98
 - bosque secundario, 119, 172
 - clasificación de los bosques, 408, 414, 416-417
 - condiciones climáticas, 6, 394, 397
 - enfoques de investigación, 343, 344, 371
 - establecimiento y propagación
 - aditivos del suelo, 248-250
 - guía de plantación, 236, 237, 244-246
 - historia, 209, 441-442
 - implementación del manejo, 388, 390
 - insectos y enfermedades, 234
 - materiales de plantación, 223
 - planificación, 213-216
 - planificación del uso de la tierra, 56, 57
 - propagación, 225, 228
 - técnicas de plantación, 236-245
 - tipos de plántulas, 230-233
 - plantaciones
 - calidad de sitio, 261
 - evaluación del rendimiento, 254, 255
 - poda, 301, 302
 - raleo, 451, 455
 - rebrote, 303-305
 - regeneración, 308
 - relaciones genéticas, 264, 268
 - rendimientos, 307, 308, 445-450
 - tratamientos, 274, 275, 279, 285, 286
 - planificación de plantaciones
 - abastecimiento de madera, 179
 - argumentos en contra los eucaliptos, 174
 - composición de especies, 189, 192, 195
 - consideraciones de sitio, 181
 - consideraciones sobre la productividad, 175, 178
 - plantaciones mixtas, 187, 188
 - selección de especies, 198, 201-208
 - producción de fibras, 39
 - productos forestales, 60
 - rendimiento de la plantación, 62
- Brosimum*, información sobre especies, 426
- Brugiera*, bosque secundario, 168
- Buchenavia*, bosque primario, 76, 77
- Bucida*
 - bosque primario, 74
 - información sobre especies, 426
- Burkina Faso
 - agroforestería, 318
 - establecimiento y propagación, 440
- Bursera*
 - bosque secundario, 113
 - información sobre especies, 426
- Burundi, cultivo de plantaciones, 306
- Calliandra*, información sobre especies, 426
- Callitris*
 - bosque secundario, 140
 - información sobre especies, 426
- Calophyllum*
 - cultivo de plantaciones, 451
 - información sobre especies, 426
- Cambodia, bosque primario, 76-78, 101
- Camerún
 - establecimiento, 185
 - planificación de plantaciones, 196
- Canadá, fondos para la investigación, 382
- Carapa*
 - información sobre especies, 426
 - selección de especies, 194, 197
- Cariniana*, información sobre especies, 426
- Caryocar*, información sobre especies, 426
- Casuarina*
 - agroforestería, 313
 - cultivo en plantación, 270, 450
 - establecimiento

- historia, 439
- materiales, 217, 219
- técnicas, 239, 241, 248
- tipos de plántulas, 232
- información sobre especies, 426
- leña, 41
- planificación de la plantación, 200
- propagación, 225
- Cecropia*
 - bosque primario, 79, 92, 93, 108, 111
 - bosque secundario, 118, 119
 - información sobre especies, 426
 - materiales de plantación, 221
- Cedrela*
 - bosque secundario, 140
 - consecuencias de la sobre-explotación, 43
 - cultivo en plantación, 263, 264
 - enfoques de investigación, 358, 366
 - establecimiento, 187-188, 218-220, 223, 234
 - información sobre especies, 426
 - planificación de la plantación, 187, 193
 - propagación, 225
- Cedrelinga*
 - información sobre especies, 426
 - materiales de plantación, 217
 - planificación de la plantación, 187
- Ceiba*
 - bosque primario, 74, 79, 80
 - información sobre especies, 426
 - propagación, 225, 226
- Cerrado, vegetación de, clasificación, 417
- Clasificación de bosques
 - distribución de bosques, 24-26
 - ejemplos de diversidad de bosques, 67-68
 - enfoques de investigación, 353-354
 - sistema de Beard, 410-412
 - sistema de Burt-Davy, 409-410
 - sistema de Champion, 409
 - sistema de Chipp, 408-409
 - sistema de Holdridge, 412-413
 - sistema de Schimper, 407-408
 - sistema de Unesco, 413-414
 - tipos de vegetación, 30-31, 414-417
- Clasificación de la vegetación. *Ver también* géneros *específicos* y *tipos de bosques*, p. ej. Bosque primario
 - descripción, 414-417
 - y clima, 7-8, 28-31
- Clima. *Ver también* Agua
 - bosque primario
 - deciduidad, 79
 - diversidad, 82
 - humedad, 101-103
 - luz, 104
 - temperatura, 103-104
 - viento, 106
 - y reproducción de los árboles, 96-100
- clasificaciones climáticas
 - significancia para la vegetación, 8
 - sistema de Holdridge, 46-47, 202, 308, 400-402, 412-413
 - sistema de Koeppen, 11, 397, 398
 - sistema de Thornthwaite, 203, 397-400
 - sistema de Walters, 401-404
- condiciones regionales, 7, 393-395
- consideraciones sobre establecimiento y propagación, 229-230, 238-240
- efectos de los huracanes en el bosque, 101, 183
- humedad
 - características de los trópicos, 4-7
 - eliminación del agua de lluvia en los bosques, 35, 36, 180-183
 - patrones estacionales, 10, 11, 12, 15, 29-30
 - precipitación media anual, 13-14
 - precipitación orográfica, 4, 9
 - procedimientos para la medición de la lluvia, 351-352
 - y topografía, 105-106
- radiación solar
 - características de los trópicos, 1, 3
 - efectos de la insolación en los organismos vivos, 29
 - niveles diarios de insolación, 4-6
 - temperatura, 3, 7, 8
 - viento, 4, 9, 10, 11
 - y crecimiento de los árboles, 91
 - y selección de especies, 197-204
- relación con la productividad primaria neta, 107
- y orígenes del bosque, 23-24
- Colombia
 - bosque primario, 74, 86, 97, 98, 106
 - bosque secundario, 120, 143, 167
 - condiciones climáticas, 394
 - cultivo en plantaciones, 268, 273, 291
 - orígenes de los bosques, 23, 406
 - planificación de las plantaciones, 195, 205
 - planificación del uso de la tierra, 50
- Condiciones climáticas. *Ver* Clima
- Conservación. *Ver* Ambiente físico; Cultivo en plantaciones; Protección de bosques; *recursos específicos*

Consideraciones de sitio. *Ver* Cultivo en plantaciones;

Planificación de plantaciones; Establecimiento

Consideraciones económicas

e implementación del manejo, 377, 388-391

en agroforestería, 311, 319-320, 323-324, 327-329, 333-334

en el cultivo de plantaciones, 265, 269, 292, 307

en investigación, 344-346, 352-353, 371-372

en la planificación de plantaciones, 143-144, 173-180, 189-190, 214, 241

en la planificación del uso de la tierra, 57

estadísticas sobre producción forestal, 39-40

producción forestal versus producción de alimentos, 44-46

y políticas de producción, 57-58, 60-68

y producción del bosque primario, 107-108

y producción del bosque secundario, 121-124, 127, 130-131, 143-145, 171-172

y sobre-explotación del bosque, 42-43

Control de la vegetación

desyerbe, 109, 223, 247-248, 272-276

especies de pestes, 457

uso de herbicidas, 165-166, 237-238, 274-275

Consideraciones sociales. *Ver también* Consideraciones económicas

culturas dependientes del bosque, 53-54

e implementación del manejo, 377, 381, 386-391

educación pública sobre el bosque, 55, 59-60, 174, 378-380, 386

en agroforestería, 311, 323-325

en la planificación del uso de la tierra, 48-54

en la producción, 62-66

impacto del bosque en la sociedad humana, 33

y producción del bosque secundario, 121-122

Convención sobre el Comercio Internacional de Especies en Peligro de Extinción (CITES), 60

Cordia

agroforestería, 335

bosque primario, 100

como rompevientos, 67

cultivo en plantaciones, 277

establecimiento, 188

información sobre especies, 427

materiales y técnicas de plantación, 218, 220, 243

Costa de Marfil

agroforestería, 318-330

cultivo en plantaciones, 291, 453

establecimiento, 185

Costa Rica

agroforestería, 335, 338, 339

bosque primario, 83, 86, 87, 94, 97, 110

bosque secundario, 119, 163

cultivo en plantaciones, 256, 274

enfoques de investigación, 357

establecimiento y propagación, 218, 222, 225, 443

implementación del manejo, 390

planificación del uso de la tierra, 48-50

Crecimiento (del árbol)

bosque primario, 87-94, 98-101, 102

e identificación de madera aprovechable, 148-151

enfoques de investigación, 356-358

medición y predicción del, 269-270, 356-358

Cryptomeria

información sobre especies, 427

rendimientos, 446-448

Cuba

agricultura, 46

conservación del suelo y del agua, 54, 55

cultivo en plantación, 309

enfoques de investigación, 358

establecimiento y propagación, 233, 238, 443

planificación de la plantación, 187

planificación del uso de la tierra, 50

Cultivo. *Ver* Agricultura; Agroforestería

Cultivo en plantaciones. *Ver también* Planificación de plantaciones; Silvicultura

bambú, manejo, 306-307

calidad de sitio

consideraciones, 254-256

deterioro de, 257-261

mejoramiento de, 256-257

consideraciones sobre la planificación, 253

cosecha, 307

información silvícola de importancia, 461

pestes y enfermedades, 309

poda, 300-303

raleo

consideraciones económicas, 292

efectos del espaciamiento, 285-287

efectos en el rendimiento, 293-294, 445-450

efectos en la madera, 292-293

factor de espaciamiento de Hart, 295-296

momento de, 289-290

número de árboles remanentes, 290-292

razón de raleo de Queensland, 294

razones para ralear, 287-289

resultados selectos, 451-455

selección de los árboles por ralear, 297-300

selección de los árboles remanentes, 290-292

sistema ecléctico escocés, 298

sistemas de, 294-297

rebrote, 257, 303-306

- regeneración, 308-309
- relaciones genéticas
 - consideraciones económicas, 265
 - logros obtenidos con la manipulación genética, 264-265
 - manejo por medio del mejoramiento, 265-266
 - pasos para el mejoramiento, 266-268
 - variación, 262-264
- rendimientos, 253-254, 271-272, 293-294, 307-308, 445-450
- rotación
 - selección de la rotación, 269-270
 - y calidad de la madera, 270-271
 - y predicción del crecimiento, 271-272
- tratamientos,
 - control de la vegetación, 272-275
 - cultivos de protección, 276
 - fertilizantes, 279-285
 - irrigación, 278
 - labranza del suelo, 277-278
 - plantación intercalada, 276
 - protección, 272
 - quema de hojarasca, 279
- Cunninghamia*
 - información sobre especies, 427
 - rendimientos, 446, 447
- Cupressus*
 - bosque secundario, 140
 - como rompevientos, 67
 - cultivo en plantación
 - cultivo en plantación, 272-273
 - poda, 301
 - raleo, 291, 454
 - relaciones genéticas, 262, 264, 265, 268
 - rendimientos, 447-448
 - establecimiento, 223, 230, 246, 248, 250
 - información sobre especies, 427
 - planificación de la plantación, 196
 - propagación, 226
- Cyristax*, información sobre especies, 427
- Chad
 - agroforestería, 318
 - establecimiento y propagación, 440
- Champion, sistema para la clasificación de bosques, 409
- Chile, condiciones climáticas, 6
- Chilopsis*, técnicas de plantación, 238
- Chipp, sistema para la clasificación de bosques, 408-409
- Chlorophora*, información sobre especies, 427
- Dacrydium*, información sobre especies, 427
- Dacryodes*
 - bosque primario, 93, 106, 110
 - bosque secundario, 117, 162
- Dalbergia*
 - establecimiento y propagación, 439
 - información sobre especies, 427
 - selección de especies, 192
- Desyerbado, 109, 223, 247-248, 272-275
- Dipterocarpaceas. *Ver también por nombres específicos*
 - bosque primario, 76, 91-92, 96, 98, 100
 - bosque secundario
 - bosque pantanoso, 166-167
 - bosque residual, 114-117
 - diversidad del rodal, 125-126
 - liberación, 159-164
 - silvicultura, 133
 - tala rasa, 138-139
 - técnicas de refinamiento, 146
 - cultivo en plantación, 277
 - enfoques de investigación, 359-360
 - establecimiento, 220, 242-243
 - planificación de la plantación, 185, 191
 - productos industriales, 41
- Diversidad del rodal. *Ver Silvicultura, en bosque secundario*
- Dominica
 - agroforestería, 334
 - bosque secundario, 117
- Dosel protector. *Ver Silvicultura, en bosque secundario*
- Ecología. *Ver también Clasificación de bosques; tipos específicos de bosques, p. ej. Bosque primario*
 - enfoques de investigación, 355
 - estudios de bosques primarios, 69-70
 - investigación en ecosistemas forestales, 35, 54
 - y selección de especies, 197-198
 - y silvicultura, 66, 127-128
- Ecosistemas. *Ver Clasificación de bosques; Ecología; tipos de bosques específicos. p. ej. Bosque primario*
- Ecuador
 - agricultura, 67
 - condiciones climáticas, 394
 - establecimiento y propagación, 223
- Eliminación de relictos. *Ver Silvicultura, en bosque secundario*
- El Salvador
 - cultivo en plantaciones, 255, 257
 - establecimiento y propagación, 443

Índice

Entandrophragma

información sobre especies, 427

materiales de plantación, 220

Enterolobium, información sobre especies, 427

Epirua, bosque primario, 80

Erythrina, agroforestería, 338

Escocia, Establecimiento y propagación, 243

Establecimiento. *Ver también* Agroforestería;

Planificación de plantaciones

decisiones sobre el, 143-144, 216-217

e insectos y enfermedades, 233-234, 238-239

enfoques de investigación, 361-366

guías para el, 234-235, 245-247

historia del, 209-211

información sobre especies, 421-435

materiales

adquisición de semillas, 217-218

almacenamiento de semillas, 219-220

germinación, 220-222

material silvestre, 217

procesamiento de semillas, 219

semillas, siembra directa, 222-223

viveros forestales, 223-224

necesidades de replantar, 274

plantación intercalada

objetivos de, 183

plantación bajo sotobosque, 184-188, 214, 242

plantación en claros, 185-188

plantación en grupos, 188

plántulas

a raíz desnuda, 230

en envases, 232-233

material silvestre, 217

pseudoestacas y plantones deshojados, 231-232

tamaño de las plántulas, 230-231

prácticas de vivero

espaciamento, 229

poda de raíces, 229-230

sombra, 229

trasplante, 229

y materiales de plantación, 223-224

técnicas

espaciamento de los árboles, 240-245

preparación de sitio, 235-240

uso de aditivos del suelo, 228, 247-251

uso de herbicidas, 237-238

y variación estacional, 235

Establecimiento de bosques. *Ver* Cultivo en plantaciones;

Establecimiento; Propagación

Establecimiento en grupo. *Ver* Establecimiento

Estados Unidos. *Ver también* Hawaii

ayuda financiera, 381-382

cultivo de plantaciones

calidad de sitio, 256-258

poda, 301

raleo, 285-289, 292, 293, 297, 451, 452

tratamiento, 281, 282,

enfoques de investigación, 367

establecimiento y propagación, 224, 230, 244

orientación de la investigación, 348

planificación de plantaciones, 206

Estudios científicos. *Ver* Investigación

Eucalyptus

agroforestería, 331, 332, 337

bosque primario, 89, 110

como rompevientos, 67

cultivo en plantaciones

calidad de sitio, 255, 257

poda, 301

raleo, 286, 288-290, 293, 451

rebrotos, 303-306

relaciones genéticas, 263, 264, 267

rendimientos, 307, 308, 447, 448, 449

rotación, 271

tratamiento, 273-275, 277-282

enfoques de investigación, 343, 358, 362

especies de

alba, 205, 277, 305

botryoides, 304

camaldulensis, 177, 196, 199, 205, 240, 248, 249, 264, 286, 304, 423, 427

citriodora, 181, 223, 428

cordata, 428

decaisneana, 428

degupta, 177, 185, 205, 207, 218, 221, 225, 226, 235, 239, 249, 267, 288, 289, 308, 423, 428, 449

globulus, 67, 177, 196, 202, 205, 211, 250, 255, 257, 283, 284, 305, 428, 442, 447, 448

grandis, 177, 205, 207, 208, 217, 221, 225, 235, 237, 250, 257, 270, 282, 287, 300, 302, 304, 305, 307, 308, 423, 428, 441

hemilampra, 428

maculata, 428

microtheca, 246, 331

multiflora, 428

naudiniana, 428

paniculata, 428

pilularis, 428

regnans, 271

resinifera, 428

- robusta*, 110, 287, 304, 423, 428
- rostrata*, 304, 427, 440
- saccharifera*, 428
- saligna*, 177, 193, 196, 201, 205, 211, 222, 228, 233, 240, 243, 244, 247, 248, 271, 272, 285, 287, 301, 304, 305, 308, 358, 423, 428, 440, 447, 448
- semicorticata*, 428
- tereticornis*, 217, 218, 229, 234, 264, 274, 304, 423, 428
- terminalis*, 428
- umbellata*, 428
- urophylla*, 208, 225, 307, 428, 441
- viminalis*, 205, 428
- establecimiento
 - aditivos del suelo, 247-250
 - historia, 439-443
 - manejo de pestes, 234
 - materiales, 217, 218, 222-223
 - prácticas de vivero, 229-233
 - técnicas, 235-245
 - tipos de plántulas, 230-233
- implementación del manejo, 389
- información sobre especies, 427-428
- planificación de la plantación
 - argumentos contra las plantaciones, 174
 - composición de especies, 189-197
 - consideraciones de sitio, 181-182
 - consideraciones sobre productividad, 175-177
 - selección de especies, 197-209
- políticas de producción, 60-64
- propagación, 222-227
- Extensión y ubicación de los bosques
 - áreas no forestadas, 24-25
 - por país o continente, 26-28
 - por zonas, 26
- Factor de espaciamiento de Hart, 295-296
- Fauna
 - en manglares, 36
 - y ambiente humano, 34-35
 - y bosque primario, 81-82, 85, 96, 98
 - y bosque secundario, 125
 - y planificación de plantaciones, 182
 - y políticas de producción, 60-61
 - y sobre-explotación del bosque, 42-43
- Fenología. *Ver* Clima
- Fertilizantes
 - en agroforestería, 128, 322-323, 326-329
 - enfoques de investigación, 366-367
 - en plantaciones forestales, 247-251, 279-285
- Fiji
 - bosque secundario, 170
 - cultivo en plantaciones, 274
 - establecimiento y propagación, 234, 440
 - planificación de plantaciones, 179, 196
- Filipinas
 - agroforestería, 312, 314-315, 320, 326-328
 - bosque secundario
 - bosque residual, 116
 - cultivos adecuados, 148
 - diversidad del rodal, 126
 - liberación, 163
 - regeneración, 142
 - rendimientos, 166-167
 - silvicultura, 133
 - sucesión, 118
 - cultivo en plantaciones, 256, 305
 - enfoques de investigación, 343
 - establecimiento y propagación
 - historia, 440
 - materiales de plantación, 220, 223
 - propagación, 225-227, 229-230
 - técnicas de establecimiento, 248
 - tipos de plántulas, 230
 - planificación de plantaciones, 185, 191
 - uso del bambú, 61
- Finlandia, cultivo en plantaciones, 283
- Fisiografía de América tropical, 8-10, 16-17
- Flindersia*
 - bosque secundario, 140
 - información sobre especies, 428
- Gabón
 - cultivo en plantaciones, 270, 273
 - planificación de plantaciones, 185, 186
- Gambia, agroforestería, 318, 330
- Generación de bosques. *Ver* Planificación de plantaciones; Establecimiento; Propagación
- Geología. *Ver* Orígenes del bosque; Suelos
- Ghana
 - agroforestería, 318-320, 338
 - bosque primario, 87, 88, 110
 - bosque secundario, 133, 137, 138, 145, 148, 165
 - cultivo en plantaciones, 267, 277
 - enfoques de investigación, 356
 - establecimiento y propagación, 218, 224, 225
 - planificación de plantaciones, 177, 186, 191
- Gliricidia*, información sobre especies, 428
- Gmelina*
 - agroforestería, 331, 338
 - cultivo en plantaciones

Índice

- calidad de sitio, 256, 260-261
- raleo, 455
- regeneración, 308
- relaciones genéticas, 262
- rendimientos, 308, 449-450
- enfoques de investigación, 371
- establecimiento, 217, 229, 232, 242, 250
- información sobre especies, 428
- planificación de la plantación, 181, 191, 195, 196, 204
- Goupia*
 - bosque primario, 73
 - bosque secundario, 161
 - información sobre especies, 429
- Grevillia*, información sobre especies, 429
- Guaiacum*, información sobre especies, 429
- Guatemala
 - agroforestería, 322
 - bosque secundario, 119, 120, 128
 - establecimiento y propagación, 224, 230
- Guayana
 - bosque primario, 80
 - bosque secundario, 164, 167
 - clasificación de bosques, 412
 - orígenes de los bosques, 23
- Guayana Francesa, condiciones climáticas, 394
- Guazuma*, información sobre especies, 429
- Hábitat. *Ver* Bosque primario
- Haití
 - agricultura, 48
 - bosque secundario, 142
 - implementación del manejo, 390
- Hawái
 - bosque primario, 105
 - establecimiento y propagación
 - historia del establecimiento, 440
 - materiales de establecimiento, 220
 - técnicas de establecimiento, 244, 245
 - tipos de plántulas, 233
 - planificación de la plantación, 189, 192-194, 205
- Herbicidas, uso de, 165-166, 237-238, 274-275
- Hernandia*, materiales de plantado, 222
- Hibiscus*, información sobre especies, 429
- Historia de vida de los árboles, como enfoque de investigación, 355-357
- Holdridge, zonas de vida
 - consideraciones sobre uso de la tierra, 41
 - descripción, 400-402, 412-413
 - y cultivo de plantaciones, 308
 - y selección de especies, 202
- Honduras
 - bosque secundario, 147
 - establecimiento y propagación, 442
- Hong Kong, establecimiento y propagación, 248
- Hueck, sistema de clasificación de la vegetación, 414-416
- Hura*
 - información sobre especies, 429
 - selección de especies, 197
- Hymenaea*, información sobre especies, 429
- Implementación. *Ver* Manejo, implementación del
- India
 - agricultura, 47, 67
 - agroforestería
 - agricultura migratoria, 313, 318, 324, 325
 - beneficios de, 336, 337
 - éxitos con, 339
 - sistemas taungya, 330
 - bosque primario
 - crecimiento de los árboles, 92-94
 - estructura del bosque, 73, 77
 - rendimientos, 108, 109
 - reproducción, 96
 - bosque secundario
 - bosque seco, 170
 - evaluación de la regeneración, 156, 160
 - liberación, 160
 - límites diamétricos, 134
 - manglares, 169
 - objetivos estructurales, 129, 130
 - silvicultura, 132
 - tala rasa, 139
 - cultivo en plantaciones
 - calidad de sitio, 255-257
 - manejo del bambú, 306
 - raleo, 289, 295, 300, 453
 - rebrotos, 304, 305
 - relaciones genéticas, 262, 264
 - rendimientos, 447, 448, 449, 450
 - tratamientos, 274, 276-279
 - enfoques de investigación, 343, 361, 362
 - establecimiento y propagación
 - historia del establecimiento, 439, 441
 - insectos y enfermedades, 234
 - materiales de plantación, 195-199
 - propagación, 223-226
 - técnicas de establecimiento, 235, 239-241, 248
 - tipos de plántulas, 230-232
 - implementación del manejo, 379, 386

- ingresos del Servicio Forestal de la India, 40
- planificación de plantaciones
 - abastecimiento de madera, 178, 180
 - composición de especies, 191, 192, 194, 195
 - consideraciones de sitio, 181, 182
 - consideraciones sobre productividad, 176
 - plantación intercalada, 185
- políticas de producción, 62, 64
- uso de leña, 41-43, 62-64, 325
- Indias Occidentales Francesas. *Ver nombres específicos, p. ej. Martinica*
- Indonesia
 - agricultura, 47
 - agroforestería, 329, 330
 - bosque secundario, 115-117, 133, 148, 168
 - cultivo en plantaciones
 - calidad de sitio, 255, 256
 - raleo, 296, 452
 - rendimientos, 445
 - tratamiento, 278
 - establecimiento y propagación, 228, 248, 440
- Inglaterra
 - establecimiento y propagación, 241, 243
 - planificación de plantaciones, 191
- Insectos. *Ver Pestes y enfermedades*
- Interés público. *Ver Ambiente físico; Consideraciones sociales*
- Inventarios de bosques
 - áreas no forestadas, 24
 - enfoques de investigación, 353
 - por país o continente, 28
 - por zonas, 24
 - y deforestación, 24, 25
- Investigación
 - componentes
 - interpretación de resultados, 352
 - orientación, 347, 348, 349
 - precisión, 351-352
 - presentación, 353
 - repetición, 350-351
 - representatividad, 350
- e implementación del manejo, 378, 386
- enfoques
 - adaptabilidad de especies, 360-366
 - agroforestería, 338-341, 374-376
 - balance entre, 353
 - clasificación de bosque e inventarios, 353-354
 - crecimiento de los árboles, 357-359
 - ecosistemas forestales, 54, 354
 - espacio de crecimiento, 367-368
 - historia de vida de árboles, 355-357
 - mejoramiento de árboles, 368-374
 - propagación, 366
 - regeneración artificial, 366
 - silvicultura, 356-361, 365-367
 - uso de fertilizantes, 366-367
- financiamiento, 344, 382
- historia de la, 343-344
- importancia de la, 344-346
- necesidades regionales de, 344-347
- Investigación forestal. *Ver Investigación*
- Islas Solomón, agroforestería, 336
- Israel, cultivo en plantaciones, 286
- Italia, cultivo en plantaciones, 283, 284
- Jacaranda*, información sobre especies, 429
- Jamaica
 - agroforestería, 316
 - condiciones climáticas, 393
 - establecimiento y propagación, 247
 - implementación del manejo, 379
 - planificación de plantaciones, 184
- Kenya
 - bosque secundario, 167
 - cultivo en plantaciones
 - calidad de sitio, 257
 - poda, 301, 303
 - raleo, 291, 454
 - rebrotos, 305
 - relaciones genéticas, 262, 264, 265
 - enfoques de investigación, 361
 - establecimiento y propagación, 235, 243, 244, 246, 247
 - planificación de plantaciones, 175, 176, 182, 196
- Khaya*
 - bosque primario, 93
 - bosque secundario, 126, 154, 155
 - información sobre especies, 429
 - materiales de plantación, 220
- Laguncularia*
 - bosque secundario, 169
 - información sobre especies, 429
- Leña. *Ver Productos de madera, leña*
- Leucaena*
 - agroforestería, 323, 326, 330, 337, 339
 - cultivo en plantaciones, 269-270, 276
 - enfoques de investigación, 343
 - información sobre especies, 429-430
 - materiales y técnicas de establecimiento, 220, 221, 242, 248, 249

Índice

- planificación de plantaciones, 194, 205
- producción de forraje, 67
- Lovoa, información sobre especies, 430
- Maesopsis*
 - bosque secundario, 140
 - cultivo en plantaciones, 287
 - información sobre especies, 430
 - planificación de plantaciones, 188
- Malagasy, planificación de plantaciones, 186
- Malasia
 - agricultura, 46
 - agroforestería, 318, 321-323, 324, 336, 338
 - bosque primario
 - ciclo de nutrimentos, 86, 88
 - composición del bosque, 83, 84
 - crecimiento del árbol, 92, 94
 - estructura del bosque, 71, 76, 79
 - influencias ambientales, 103, 104, 106
 - rendimientos, 109
 - reproducción, 97, 98, 99
 - bosque secundario
 - bosque pantanoso, 168
 - bosque residual, 115, 117
 - características, 114-117
 - cosechas adecuadas, 149
 - diversidad del rodal, 126
 - dosel protector, 135, 136
 - evaluación de la regeneración, 156-159
 - investigación en, 122
 - liberación, 160, 162-164
 - manglares, 168-170
 - objetivos estructurales, 130-132
 - raleo, 165
 - rendimientos, 167
 - sucesión, 119, 127
 - tala rasa, 139-141
 - técnicas de refinamiento, 146
 - uso de arboricidas, 165, 166
 - cultivo en plantaciones
 - raleo, 289, 291, 295
 - relaciones genéticas, 262, 263
 - tratamiento, 273, 276, 277
 - enfoques de investigación, 343, 357, 360, 368
 - establecimiento y propagación
 - historia del establecimiento, 440
 - materiales de establecimiento, 217, 219, 220, 223
 - propagación, 230
 - técnicas de establecimiento, 242, 243, 246
 - tipos de plántulas, 230
 - planificación de plantaciones, 175, 179, 185, 187, 195
 - políticas de producción, 63, 68
 - productos de, 41
- Malawi
 - bosque secundario, 140
 - cultivo en plantaciones, 303
 - establecimiento y propagación, 232-233
 - planificación de plantaciones, 196
- Manejo. *Ver también* Agroforestería; *aspectos específicos, p. ej.* Cultivo en plantaciones
 - implementación del
 - ayuda financiera para el, 379-382
 - casos exitosos, 380-381
 - compromiso personal con, 389
 - consideraciones, 377-378, 388
 - estrategias, 386-387
 - objetivos, 383-386
 - organización efectiva, 389
 - papel del gobierno, 380
 - papel público, 380-381
 - superar la resistencia, 388-389
 - mejoramiento del árbol como aspecto del, 265-266
 - plantaciones versus manejo, 173-180
 - y clasificación de la vegetación, 32
 - y determinación del uso de la tierra, 52-53
 - y educación pública relacionada con el bosque, 348
 - y necesidades de investigación, 345
 - y producción, 55-57, 61-66, 121-125
 - y selección de productos, 60
 - y silvicultura, 127
- Manejo de semillas. *Ver* Establecimiento
- Manglares. *Ver también nombres específicos*
 - bosque primario, 76, 105
 - bosque secundario, 168-170
 - clasificación de, 416
 - como hábitat de la fauna, 36
 - productos industriales del, 36
 - técnicas de establecimiento, 246
- Manilkara*
 - bosque primario, 93, 100
 - información sobre especies, 430
 - productos industriales, 34
- Martinica
 - cultivo en plantaciones, 273
 - establecimiento y propagación, 443
- Mauricio, planificación de plantaciones, 175
- Medio ambiente. *Ver* Ambiente físico
- Mejoramiento genético de árboles
 - enfoques de investigación, 368-374
 - y agroforestería, 338-344
 - y cultivo en plantaciones, 261-269
 - y establecimiento y propagación, 216

- y objetivos de la producción, 64
- y planificación de plantaciones, 198-201, 204-206
- Melaleuca*, información sobre especies, 430
- Melia*, información sobre especies, 430
- México
 - agroforestería, 320, 339, 340
 - bosque primario, 99
 - bosque secundario, 114-116
 - condiciones climáticas, 393
 - cultivo en plantaciones, 268, 274
 - enfoques de investigación, 344
 - establecimiento y propagación
 - materiales, 217, 218
 - planificación, 214, 216
 - técnicas de establecimiento, 238, 245
 - implementación del manejo, 268, 379
 - productos forestales, 60
 - productos industriales, 34
- Mimosa*, información sobre especies, 430
- Mitragyna*, información sobre especies, 430
- Mora*
 - bosque secundario, 133
 - selección de especies, 192
- Mozambique, establecimiento y propagación, 440
- Musanga*
 - bosque primario, 92, 102
 - bosque secundario, 119
 - cultivo en plantaciones, 273
 - materiales de plantación, 217, 221
- Myanmar
 - agroforestería, 329, 331
 - cultivo en plantaciones, 277
 - establecimiento y propagación, 231-232
 - planificación de plantaciones, 180, 194
- Nauclea*
 - cultivo en plantaciones, 271, 454-455
 - información sobre especies, 430
- Nueva Zelandia
 - agroforestería, 339
 - cultivo en plantaciones, 259, 282
 - establecimiento y propagación, 226
 - planificación de plantaciones, 183, 190-191, 198
- Nicaragua
 - condiciones climáticas, 393
 - cultivo en plantaciones, 454
 - establecimiento y propagación, 443
 - planificación de plantaciones, 208
- Nigeria
 - agroforestería, 316, 330-331
 - bosque primario
 - ciclo de nutrimentos, 87-88
 - crecimiento de los árboles, 92-94
 - influencias ambientales, 102, 103, 106
 - reproducción, 98, 99
 - bosque secundario
 - barbecho, 128
 - bosque residual, 116
 - bosque seco, 171
 - consideraciones sobre producción, 123
 - diversidad del rodal, 126
 - dosel protector, 135-137
 - identificación de cultivos madereros, 154-155
 - liberación, 163
 - regeneración, 142-143
 - rendimientos, 167
 - sucesión, 119-121
 - tala rasa, 139, 140
 - cultivo en plantaciones
 - calidad de sitio, 258, 261
 - poda, 302
 - raleo, 451-454
 - rebrotos, 304-306
 - relaciones genéticas, 262, 263
 - rotación, 271
 - tratamiento, 281
 - enfoques de investigación, 343
 - establecimiento y propagación
 - historia, 439
 - materiales para el establecimiento, 217, 220
 - propagación, 228
 - técnicas de establecimiento, 239-240, 248
 - tipos de plántulas, 230
 - planificación de plantaciones
 - abastecimiento de madera, 178
 - argumentos a favor, 173-174
 - composición de especies, 196
 - consideraciones de sitio, 181
 - consideraciones sobre productividad, 175, 176
 - plantación intercalada, 184-186
 - selección de especies, 205
 - uso de leña, 41
- Nutrimentos. *Ver también* Fertilizantes
 - en bosque primario, 85-88, 104
 - en bosque secundario, 131
 - materia orgánica del suelo, 18-21, 120
 - y agroforestería, 319-322, 333-334
 - y plantaciones, 189, 254-256
- Objetivos de implementación. *Ver* Manejo, implementación del; Políticas; Investigación

Índice

Ochroma

- bosque primario, 79, 108
- bosque secundario, 151
- cultivo en plantaciones, 289, 455
- enfoques de investigación, 368
- información sobre especies, 430
- materiales de plantación, 221-223

Ocotea, bosque secundario, 167

Orígenes del bosque, 23, 405-406

Panamá

- bosque primario
 - ciclo de nutrimentos, 86
 - estructura del bosque, 70, 74
 - influencias ambientales, 102, 103
 - reproducción, 98
- bosque secundario, 41, 119-120
- condiciones climáticas, 393

Papua Nueva Guinea

- agroforestería, 313
- bosque primario, 78, 88, 89
- bosque secundario, 121
- cultivo en plantaciones, 274, 449, 454
- establecimiento y propagación
 - materiales de plantación, 217
 - propagación, 226, 227, 228
 - técnicas de establecimiento, 239, 241, 242, 249
 - tipos de plántulas, 230, 233
- planificación de plantaciones, 184, 186, 204-205

Paquistán

- agroforestería, 331
- bosque secundario, 170, 171
- cultivo en plantaciones, 279
- establecimiento y propagación, 217, 251, 439
- planificación de plantaciones, 192

Paraguay

- bosque secundario, 150, 151
- condiciones climáticas, 394

Paraserianthes

- establecimiento y propagación, 185, 222
- información sobre especies, 430
- planificación de plantaciones, 191
- selección de especies, 191

Parkinsonia, información sobre especies, 430

Paulownia

- cultivo en plantaciones, 256, 305
- información sobre especies, 430

Perú

- agricultura, 67
- bosque primario, 79
- bosque secundario, 143

condiciones climáticas, 6, 394

cultivo en plantaciones, 256

establecimiento y propagación, 217, 442

implementación del manejo, 388

planificación de plantaciones, 179, 187

Pestes y enfermedades, *Ver también* Control de la vegetación

en bosques secundarios, 114

publicaciones sobre, 457

rareza de epidemias en bosques mixtos naturales, 37

uso de insecticidas, 42

y cultivo de plantaciones, 182-189, 213

y planificación de las plantaciones, 183-184, 213

y uso excesivo en los bosques, 309

Pinus

agroforestería, 339

bosque secundario, 142, 147

como rompevientos, 67

cultivo en plantaciones

calidad de sitio, 255-261

determinación del desempeño, 255, 256

poda, 300-303

raleo, 285-300

relaciones genéticas, 262-268

rendimientos, 308, 445, 453

tratamientos, 272-276, 281, 282

enfoques de investigación, 358, 367, 372

especies de

arizonica, 432

australis, 432

ayacahuite, 196, 430

bahamensis, 431

canariensis, 430

caribaea, 176, 177, 180, 181, 183, 196-204, 207, 208, 211, 219, 220, 222, 225-233, 241, 242, 246, 247, 250, 253-268, 273-277, 285, 289, 290, 292, 293, 296, 297, 300, 301, 308, 309, 339, 358, 372, 423, 431, 441-443, 453

chiapensis, 431

cubensis, 432

douglasiana, 431

durangensis, 431

elliottii, 202-204, 206, 211, 221, 223, 224, 226, 230, 231, 240, 241, 254, 255, 260, 264, 265, 268, 269, 276, 279, 282, 286, 287, 297, 301-303, 309, 367, 371, 431, 440, 441, 450-452

engelmannii, 196, 431

greggii, 431

halepensis, 431

hondurensis, 431

insignis, 432

- insularis*, 431
- kesiya*, 200, 204, 207, 221, 227, 230, 237, 268, 273, 423, 431, 441
- leiophylla*, 196, 431
- longifolia*, 432
- merkusiana*, 207, 431
- merkusii*, 200, 204, 207, 220, 221, 228, 262, 271, 277, 423, 431, 441, 445
- michoacana*, 431, 432
- montezumae*, 196, 432
- occidentalis*, 142, 196, 432
- oocarpa*, 147, 180, 196, 200, 204, 207, 226, 237, 268, 423, 432, 441
- palustris*, 281, 432
- patula*, 176, 177, 182, 196, 201, 202, 209, 211, 221, 223, 237, 240, 246, 260, 268, 272, 291, 293, 299, 301-303, 308, 367, 423, 432, 440, 454
- ponderosa*, 256, 432
- pseudopatula*, 431
- pseudostrobus*, 268, 432
- radiata*, 181-183, 190, 196, 198, 199, 200, 202, 209, 224, 226, 246, 250, 257-260, 271, 282, 284, 293, 339, 432, 440, 441, 454
- roxburghii*, 182, 226, 432
- strobis*, 431
- taeda*, 187, 202, 203, 209, 221, 230, 231, 244, 245, 249, 254, 255, 268, 279, 281, 282, 284, 285, 292, 293, 297, 301, 432, 441
- tenuifolia*, 432
- teocote*, 432
- tropicalis*, 200, 358, 432
- establecimiento
 - aditivos del suelo, 247-250
 - historia, 441-443
 - materiales, 219-221
 - técnicas, 241-245
 - tipos de plántulas, 230-233
- información sobre especies, 430-432
- planificación de plantaciones
 - abastecimiento de madera, 180
 - composición de especies, 196, 197
 - consideraciones de sitio, 180-183
 - plantación intercalada, 184
 - selección de especies, 197-209
- políticas de producción, 64-66
- propagación, 224-226
- Pithecolobium*, información sobre especies, 432
- Planificación de plantaciones. *Ver también* Cultivo en plantaciones; Establecimiento; Propagación
 - abastecimiento de madera, 178-180
 - análisis de sitio
 - consideraciones, 198-201
 - mejoramiento de árboles, 204-209
 - variaciones intra-especies, 204-206
 - argumentos a favor de las plantaciones, 174-176
 - composición de especies
 - especies nativas versus exóticas, 194-198
 - evaluación de especies, 188-190
 - plantaciones puras versus mixtas, 190-192
 - y rendimientos, 192-194
 - consideraciones de sitio, 176-178, 180-183
 - consideraciones de terreno, 176, 178, 213-216
 - forestación, 188-189
 - guías para, 183
 - historia, 209-211, 439-443
 - necesidad de plantaciones, 173, 174
 - planificación de los recursos, 213-216
 - plantación intercalada
 - objetivos, 184
 - plantación en claros, 184
 - plantación en grupos, 188
 - plantación en sotobosque, 185-188, 214-215, 243
 - y tratamientos en plantaciones, 272-275
 - selección de especies
 - afinidad climática, 198
 - análisis de sitio antes de plantar, 199-205
 - características por considerar, 198
 - ventajas productivas de las plantaciones, 174-176
- Planificación del uso de la tierra
 - bosque versus no bosque, 44
 - capacidad de uso de la tierra, 48-51, 214-215
 - consideraciones, 50-51, 57-59
 - control del uso de la tierra, 48-51
 - producción forestal versus producción de alimentos, 44-47
 - secuencia esquemática, 45
- designación del uso
 - conservación de suelo y agua, 51-52, 54
 - educación pública sobre los bosques, 55, 57
 - integración de los usos del bosque, 57
 - objetivos de estudio científico, 54-55
 - preservación de la biodiversidad, 54
 - y culturas dependientes del bosque, 53
 - y producción de bienes, 55-57
 - y recreación pública, 55
- e implementación del manejo, 377-383
- y agroforestería, 325-326, 374-376
- y distribución del bosque, 24
- y planificación de plantaciones, 183, 213-215

Índice

- Plantación bajo dosel. *Ver* Establecimiento
- Plantación en claros. *Ver* Establecimiento
- Plantación intercalada. *Ver* Agroforestería; Establecimiento
- Plantaciones industriales. *Ver también* Cultivo en plantaciones; Planificación de plantaciones; Establecimiento; Propagación
- área de terreno dedicada a, 178
- descripción, 178-180
- enfoques de investigación, 372
- guías, 183
- historia de, 209-213, 439-443
- Podocarpus*, información sobre especies, 433
- Políticas
- bosque secundario, 121-125
- consideraciones, 55-57
- e implementación del manejo, 377-389
- objetivos, 55-60
- protección al bosque, 59-60
- y agroforestería, 311-325
- y diversidad del bosque, 67-70
- y necesidades de investigación, 346, 347
- y selección de productos, 60-64
- y silvicultura, 66-67
- Prácticas monocíclicas. *Ver* Silvicultura
- Prácticas policíclicas. *Ver* Silvicultura
- Prestoea*, bosque primario, 87
- Producción de energía. *Ver* Productos de madera, leña
- Productos del bosque. *Ver también* Agricultura; Productos de madera; *fuentes específicas de productos, p. ej.* Bosque primario
- de bosque primario, 107-108
- de la India, 61
- de manglares, 34
- látex, 34, 38
- rattan, 60
- y condiciones del suelo, 59, 60
- y necesidades de investigación, 345
- y políticas de producción, 57
- Productos de madera. *Ver también* géneros específicos o *fuentes, p. ej.* Bosque primario
- consideraciones sobre el abastecimiento de madera, 178-180
- de manglar, 36
- empleo generado por la producción y uso de la madera, 39
- identificación de cultivos madereros, 148-149
- leña
- demanda creciente de, 175, 178-179
- e implementación del manejo, 384, 390
- efectos del contenido de humedad en el valor, 62
- estadísticas de producción, 179
- los bosques como fuente de, 39-43, 61
- y agroforestería, 325
- y necesidades energéticas de biomasa, 178-179
- y rotación, 269
- los bosques como fuente de, 39-43, 61, 107-108, 167
- madera de plantaciones versus madera del bosque, 173-174
- producción de alimentos versus producción forestal, 44-48
- producción y exportación de, 39-42, 60-63, 178-180
- requisitos de propiedad y producción, 199
- tamaño de plantaciones para abastecer industrias consumidoras de leña, 178-180
- y agroforestería, 325-326, 332-333
- y planificación del uso de la tierra, 57-58
- y sobre-explotación del bosque, 42-43
- Propagación. *Ver también* Planificación de plantaciones; Establecimiento; Reproducción de árboles
- acodos aéreos, 226
- consideraciones, 223-224
- cultivo de tejidos, 224
- enfoques de investigación, 366-368
- esquejes de tallo y raíz, 225-226
- injertos y producción de yemas, 226-227
- suelos usados para, 227-228
- Propagación y establecimiento. *Ver* Planificación de plantaciones; Establecimiento; Propagación
- Prosopis*
- cultivo en plantaciones, 263
- información sobre especies, 433
- materiales de plantación y tipos de plántulas, 221, 222, 232, 233
- producción de forraje, 67
- propagación, 225
- Protección de bosques
- e implementación del manejo, 377-388
- y cultivo en plantaciones, 272-276
- y necesidades de investigación, 345, 347
- y producción, 59, 60
- Pseudotsuga*
- cultivo en plantaciones, 258
- planificación de plantaciones, 193
- Pterocarpus*
- información sobre especies, 433
- selección de especies, 191
- Puerto Rico
- agricultura, 44, 46, 55
- bosque primario
- crecimiento del árbol, 92, 93
- estructura del bosque, 71, 73, 74, 77, 78

- influencias ambientales, 102, 104-106
- rendimientos, 110
- reproducción, 97-100
- bosque secundario
 - cultivos adecuados, 149
 - evaluación de la regeneración, 159
 - identificación de cultivos madereros, 151-154
 - liberación, 160-164
 - manglares, 169, 170
 - raleo, 165
 - rendimientos, 167
 - sucesión, 118
 - uso de arboricidas, 166
- bosques y ambiente humano, 34
- condiciones climáticas, 393, 401
- cultivo en plantaciones
 - poda, 301
 - raleo, 287, 292, 451
 - relaciones genéticas, 262
 - tratamientos, 273, 276, 278, 282
- enfoques de investigación, 356, 357, 361, 364
- establecimiento y propagación
 - historia del establecimiento, 443
 - materiales de establecimiento, 217, 223
 - propagación, 228
 - técnicas de establecimiento, 235
 - tipos de plántulas, 230-232
- instituciones de investigación, 344
- planificación de plantaciones
 - composición de especies, 191, 197
 - consideraciones sobre producción, 176
 - plantación intercalada, 186
 - selección de especies, 202, 203, 207
- planificación del uso de la tierra, 50, 51, 55-57
- sistema de reserva de bosques públicos, 56, 57
- Queensland, razón de raleo, 294
- Quema
 - en agroforestería, 313
 - en el establecimiento de plantaciones, 272
 - en la preparación de sitio, 235-236
- Raleo. *Ver* Cultivo en plantaciones
- Rebrotos. *Ver* Cultivo en plantaciones
- Reforestación. *Ver técnicas específicas, p. ej.* Establecimiento
- Regeneración artificial *Ver* Regeneración
- Regeneración natural. *Ver* Regeneración
- Regeneración. *Ver también* Cultivo en plantaciones; Planificación de plantaciones; Establecimiento; Propagación; Reproducción de árboles
- regeneración artificial, 136, 366
- regeneración natural
 - en bosque primario, 96-100
 - en bosque secundario, 134-139
 - enfoques de investigación, 355
 - y diversidad del bosque, 67-70
 - y cultivo en plantaciones, 308-309
- Regulaciones. *Ver* Políticas
- Rendimiento sostenible. *Ver* Rendimientos
- Rendimientos
 - de bosque primario, 106
 - de bosque secundario, 166-168
 - rendimientos sostenibles, 57-58
 - y agroforestería, 315-324
 - y composición de especies, 189-190
 - y cultivo en plantación, 254-256, 270, 287-289, 303-305, 445-455
 - y políticas de producción, 64-66
- Reproducción de árboles. *Ver también aspectos específicos, p. ej.* Mejoramiento genético de árboles
 - como un factor de heterogeneidad, 83-85
 - en bosque primario, 96-100
 - enfoques de investigación, 355-357
- República de África Central
 - cultivo en plantación, 276
 - establecimiento y propagación, 242
 - sucesión en bosque secundario, 119
- República Dominicana, bosque secundario, 172
- Requerimientos futuros para la implementación, *Ver* Manejo, implementación del; Políticas; Investigación
- Reserva pública de bosques
 - e implementación del manejo, 386-389
 - y planificación del uso de la tierra, 52-56
 - y políticas de producción, 56-58
- Rhizophora*
 - bosque primario, 105
 - bosque secundario, 168, 169
 - información sobre especies, 433
- Rocas, composición de, y diferenciación del suelo, 15-22
- Rotación. *Ver* Cultivo en plantaciones
- Ruanda, cultivo en plantaciones, 306
- Rusia, bosque primario, 74
- Santa Lucía, efectos de los vientos alisios, 9
- Schefflera*
 - bosque primario, 98, 99
 - información sobre especies, 433
- Schimper, sistema de clasificación de bosques, 407

Índice

- Schinus*, información sobre especies, 433
- Selección de especies. *Ver también* Cultivo en plantaciones
- afinidad climática, 197
 - análisis del sitio antes del establecimiento
 - consideraciones, 198-201
 - mejoramiento del árbol, 206-209
 - variaciones intra-especies, 204-205
 - bosque secundario, 150-151
 - características por considerar, 198-201
 - coníferas para los trópicos, 200, 437
 - cuadros informativos, 421-434
 - enfoques de investigación, 355-357, 360-361
 - especies nativas versus exóticas, 194-197
 - evaluación de especies, 189
 - para agroforestería, 459
 - plantaciones puras versus mixtas, 190-192
 - y rendimientos, 192-194
- Senegal, cultivo en plantaciones, 283
- Senna*
- agroforestería, 330
 - como rompevientos, 67
 - cultivo en plantaciones, 304
 - información sobre especies, 433
 - material de plantación, 222
- Sesbania*
- información sobre especies, 433
 - técnicas de establecimiento, 241, 242
- Shorea*
- bosque primario, 76, 77
 - bosque secundario, 129, 146, 168
 - cultivo en plantaciones, 286, 287, 295, 305
 - información sobre especies, 433
 - planificación de plantaciones, 176, 196
- Sierra Leona
- agroforestería, 318, 330
 - bosque secundario, 165
- Silvicultura. *Ver también* Agroforestería; Cultivo en plantaciones
- consideraciones ambientales, 33-38, 54
 - consideraciones de establecimiento, 64-66
 - definición, 127
 - en bosque secundario
 - cultivos adecuados, 145-147
 - diversidad del rodal, 125-126
 - dosel protector, 134-138
 - eliminación de relictos, 140-141
 - identificación de cultivos maderables, 148-149, 368-373
 - límites diamétricos, 138
 - objetivos estructurales, 128-132
 - práctica policíclica (selección), 132-134, 150-156
 - problemas, 127-128
 - regeneración natural, 134-138, 141-144
 - tala rasa, 138, 139
 - tratamientos de refinamiento, 144-147, 419
 - tratamientos precosecha, 139-140
 - y políticas, 121-125
 - enfoques de investigación, 358-361, 366-372
 - identificación de cultivos maderables
 - arborizadas, 160-161, 165, 166
 - consideraciones de selección, 132-134
 - evaluación de la regeneración, 151-153
 - liberación, 159-164
 - mejoramiento de la composición, 158-159
 - raleos, 164-166, 367-368
 - y tasas de crecimiento, 150-154
 - prácticas monocíclicas, 128-132, 138-139
 - prácticas policíclicas, 128-134, 150-156
- Simarouba*
- cultivo en plantaciones, 271
 - información sobre especies, 433
 - selección de especies, 197
- Sistema de Beard para la clasificación de bosques, 410-412
- Sistema de Burtt-Davy para la clasificación de bosques, 409
- Sistema Ecléctico Escocés, 298
- Sri Lanka
- agroforestería, 313, 315, 321
 - bosque primario, 79
 - bosque secundario, 130, 142
 - cultivo de plantaciones, 273
 - enfoques de investigación, 343, 375
 - establecimiento y propagación, 221, 227, 241
- Suazilandia
- cultivo de plantaciones, 259, 260
 - enfoques de investigación, 367
 - planificación de plantaciones, 182
- Sudáfrica. (África del Sur).
- cultivo de plantaciones
 - calidad de sitio, 257, 259
 - poda, 301-303
 - raleo, 289, 293, 296, 299, 300, 453
 - rebrote, 305, 306
 - relaciones genéticas, 264, 265
 - rendimientos, 447, 448
 - rotación, 270
 - tratamiento, 279
 - establecimiento y propagación, 228, 234
 - planificación de plantaciones, 196
 - políticas de producción, 68

- rendimiento de plantaciones, 62, 447, 448
- Sudán
 - agroforestería, 315, 318, 331
 - bosque secundario, 171
 - cultivo de plantaciones, 278-279
 - establecimiento y propagación, 227, 246
 - planificación de plantaciones, 196
- Suelo. *Ver también* Agricultura; Agroforestería;
 - Establecimiento; Propagación
 - clasificaciones, 15-21
 - drenaje, 17-18
 - en bosque secundario, 120
 - fertilidad del, 20, 22, 36-37
 - formación, 10, 11
 - influencia del bosque en los suelos, 36-39, 51-52
 - influencia de los suelos en el bosque, 36-39, 42, 54, 59-60, 189-190
 - lixiviación, 19, 20
 - materia orgánica, 18-19, 121
 - material parental, 15-17
 - suelos para la propagación, 180-183, 198
 - y ciclo de nutrimentos, 104-105
 - y cultivo de plantaciones, 254-261, 276-285
 - y diferenciación de la flora, 36-37
 - y planificación de plantaciones, 253-256, 272-276
- Surinam
 - agroforestería, 336
 - bosque primario
 - ciclo de nutrimentos, 85, 86
 - composición del bosque, 80, 84
 - estructura del bosque, 73
 - influencias ambientales, 104, 105
 - reproducción, 96, 98-100
 - bosque secundario
 - bosque residual, 116-117
 - consideraciones de producción, 124
 - cultivos adecuados, 148
 - evaluación de la regeneración, 158
 - liberación, 161, 164
 - silvicultura, 132
 - sucesión, 118, 119
 - cultivo de plantaciones
 - calidad de sitio, 255, 258, 261
 - poda, 302
 - raleo, 297
 - relaciones genéticas, 267
 - tratamientos, 277
 - enfoques de investigación, 357, 368
 - establecimiento y propagación, 237, 243, 442
 - planificación de plantaciones, 178, 179, 197
 - políticas de producción, 62
- Swietenia*
 - agroforestería, 331
 - bosque primario, 95, 97, 110
 - bosque secundario, 143
 - cultivo de plantaciones
 - raleo, 287, 291
 - regeneración, 308
 - relaciones genéticas, 262
 - tratamiento, 273
 - enfoques de investigación, 358
 - establecimiento
 - historia, 439
 - materiales, 217, 219-221
 - técnicas, 242
 - tipos de plántulas, 230, 232
 - información sobre especies, 433-434
 - planificación de plantaciones, 186, 206, 207
 - predicción del crecimiento, 271
- Tabebuia*
 - bosque primario, 100
 - como leña, 62
 - información sobre especies, 434
 - materiales de plantación, 217
- Tailandia
 - agroforestería, 318-319, 324
 - bosque primario, 73, 78, 91, 93, 101
 - bosque secundario, 165, 169
 - cultivo de plantaciones, 256, 453
 - establecimiento y propagación, 222
 - planificación de plantaciones, 178
- Taiwán, establecimiento y propagación, 225, 227, 242, 440
- Tala rasa. *Ver* Silvicultura, en bosque secundario
- Tamarix*, información sobre especies, 434
- Tanzania
 - bosque secundario, 171
 - cultivo de plantaciones, 262
 - establecimiento y propagación, 232-233, 250
 - productos del bosque, 60
 - uso de leña, 43
- Tarrietia*
 - cultivo de plantaciones, 291
 - establecimiento y propagación, 186, 439
 - información sobre especies, 434
 - planificación de plantaciones, 186
- Taungya. *Ver* Agroforestería
- Técnicas de refinamiento. *Ver* Silvicultura en bosque secundario

Índice

Tectona

- agroforestería, 318, 329-331
- bosque secundario
 - identificación de cultivos maderables, 155
 - límites diamétricos, 134
 - objetivos estructurales, 129
- cultivo de plantaciones
 - calidad de sitio, 254, 256-257
 - determinación del desempeño, 254
 - raleo, 286, 295, 300, 451-453
 - relaciones genéticas, 262, 263, 267
 - rendimientos, 445
 - tratamiento, 273, 276-278, 283
- establecimiento
 - historia, 439-440, 442-443
 - materiales, 218, 219, 221, 222
 - técnicas, 235, 248
 - tipos de plántulas, 231
- información sobre especies, 434
- planificación de plantaciones
 - abastecimiento de madera, 179, 180
 - composición de especies, 191, 192
 - consideraciones de sitio, 181
 - plantación intercalada, 184
 - selección de especies, 207
- predicción del crecimiento, 271
- propagación, 226
- rotación, 63

Terminalia

- agroforestería, 338
- bosque secundario, 136
- cultivo de plantaciones, 271, 277, 454
- establecimiento, 217, 230, 242, 439
- información sobre especies, 434
- planificación de plantaciones, 180, 185, 186, 191
- Thornthwaite, sistema de clasificación climática, 201, 397-400

Tobago. Ver Trinidad y Tobago

Togo

- agroforestería, 318
- establecimiento y propagación, 440

Toona

- bosque secundario, 140
- cultivo de plantaciones, 264
- establecimiento, 231, 249
- información sobre especies, 434

Topografía

- de Sur América, 8-10, 16
- y bosque primario, 105-106
- y formación del suelo, 16-18

Tratamientos. Ver Cultivo en plantaciones

Trema

- bosque secundario, 119
- información sobre especies, 434

Trinidad y Tobago

- agroforestería, 321, 331
- bosque primario, 78, 86
- bosque secundario, 114, 115, 133, 138, 160-161
- condiciones climáticas, 393
- cultivo de plantaciones
 - calidad de sitio, 257
 - raleo, 290, 453
 - relaciones genéticas, 262
 - rendimientos, 309, 445
 - tratamiento, 274, 277
- enfoques de investigación, 356, 366
- establecimiento y propagación, 442
- implementación del manejo, 378, 379
- planificación de plantaciones, 178, 181
- políticas de producción, 68

Triplochiton

- bosque secundario, 121, 122
- cultivo de plantaciones, 271, 287, 455
- información sobre especies, 434
- material de plantación, 220
- planificación de plantaciones, 188, 191
- propagación, 224

Tristania, información sobre especies, 434

Uganda

- agroforestería, 338
 - bosque secundario
 - bosque seco, 171
 - consideraciones de producción, 124
 - cultivos adecuados, 148
 - dosel protector, 135
 - identificación de cultivos maderables, 153, 154
 - liberación, 160
 - objetivos estructurales, 131, 132
 - regeneración, 143, 157
 - tala rasa, 140
 - uso de arboricidas, 165
 - cultivo de plantaciones, 272, 274-275, 277, 291-292
 - enfoques de investigación, 354, 357, 358, 360, 362
 - establecimiento y propagación, 225, 249, 439, 440
 - planificación de plantaciones, 175, 178, 184, 188, 196
 - políticas de producción, 63, 68
- Unesco, sistema de clasificación de bosques, 413-414
- Unión Soviética (antigua), bosque primario, 74

Venezuela

- agroforestería, 313, 315, 320
- bosque primario
 - estructura del bosque, 71, 72, 73, 79
 - influencias ambientales, 103
 - rendimientos, 108
 - reproducción, 98
- bosque secundario, 142, 169
- condiciones climáticas, 393, 394
- establecimiento y propagación
 - historia, 443
 - materiales de plantación, 220, 221
 - propagación, 226
 - técnicas de plantación, 235, 246
 - tipos de plántulas, 233
- planificación de plantaciones, 203
- planificación del uso de la tierra, 50-52

Vida animal. *Ver* Fauna

Vida silvestre. *Ver* Fauna

Virola

- bosque secundario, 161, 164, 167
- información sobre especies, 434-435
- tipos de plántulas, 230
- y diversidad del bosque, 67

Viveros. *Ver* Establecimiento

Walter, sistema de clasificación climática, 401, 403, 404

Zaire (antiguo)

- agroforestería
 - beneficios de la, 336
 - cultivos migratorios, 313-315, 321-322, 324, 325, 327
 - sistema taungya, 330
- bosque primario, 77, 88, 92
- bosque secundario, 143, 146
- cultivo en plantaciones, 277, 307
- establecimiento y propagación, 217
- planificación de plantaciones, 185, 188

Zambia

- agroforestería, 312
- bosque secundario, 171
- cultivo en plantaciones, 263, 273
- enfoques de investigación, 361
- establecimiento y propagación, 221, 223, 235, 239, 246

Zimbabwe, establecimiento y propagación, 230, 440

Zizyphus, información de especies, 435