

# Sistemas de túneles: Guía para la construcción, manejo y producción sustentable de cultivos





---

# **Sistemas de túneles: Guía para la construcción, manejo y producción sustentable de cultivos**

Dra. Myrna Comas Pagán  
Ing. Eric Irizarry Otaño  
Dr. Daniel A. Bair Gallegos  
Dra. Ermita Hernández Heredia  
Prof. Ada N. Alvarado Ortiz  
Prof. Wanda I. Almodóvar Caraballo



**SERVICIO DE EXTENSIÓN AGRÍCOLA**  
Colegio de Ciencias Agrícolas  
Recinto Universitario de Mayagüez  
Universidad de Puerto Rico

2021© Todos los derechos reservados.

No se permite la reproducción total o parcial de esta guía sin la autorización de los autores.

Este material está basado en el trabajo patrocinado por el Servicio de Conservación de Recursos Naturales del Departamento de Agricultura de los Estados Unidos bajo el proyecto número 68-F352-17-182.

This material is based upon work supported by the Natural Resource Conservation Service, U.S. Department of Agriculture under Project number: 68-F352-17-182.

Impreso en:

Medios Educativos e Información (MEI)  
Servicio de Extensión Agrícola  
Puerto Rico

Editado por: Melany Zoe Flores Collazo  
Diseño gráfico por: Federico Estrada del Campo

2021 © Todos los derechos reservados. No se permite la reproducción total o parcial de esta guía sin la autorización del autor.

Este material está basado en el trabajo patrocinado por el ***Natural Resources Conservation Service del United States Department of Agriculture*** (NRCS-USDA) bajo el proyecto número 68-F352-17-182.

# Contenido

Introducción ..... 5

## Capítulos:

- 1.0 Sistemas de túneles para cultivos: selección y mantenimiento del sistema
- 2.0 Manejo del suelo en sistemas de túneles para cultivos
- 3.0 Alternativas de cultivos para los sistemas de túneles
- 4.0 Plagas de las hortalizas en sistemas de túneles para cultivos
- 5.0 Enfermedades de las hortalizas en sistemas de túneles para cultivos
- 6.0 Registros para empresas agrícolas con sistemas de túneles para cultivos



## Introducción

Puerto Rico es una isla densamente poblada que depende de la importación de más del 80% de los alimentos que se consumen. El desparramamiento poblacional y comercial ha causado una reducción drástica de terrenos disponibles para la producción agrícola. Esto ha motivado a que se adopten prácticas de conservación de los escasos terrenos para la producción agrícola.

El Servicio de Extensión Agrícola, mediante un acuerdo de colaboración con el USDA-*Natural Resource Conservation Service* (NRCS), estableció el Proyecto Educativo de Agricultura Urbana y de Pequeños Agricultores con Sistema de Túneles (PAU) en el 2017. Este proyecto tiene como misión adoptar diferentes estrategias educativas para promover el desarrollo agrícola sustentable entre pequeños agricultores y grupos comunitarios en zonas rurales y urbanas. Como parte de su trabajo, el proyecto recomienda la adopción de prácticas de conservación promovidas e incentivadas por NRCS.

Una de estas prácticas se relaciona con el establecimiento de sistemas de túneles para cultivos conocidos en inglés como *high tunnels*. El Programa de Incentivos para la Calidad Ambiental de NRCS provee asistencia para esta práctica, que incluye, sufragar los costos de instalación de una estructura no permanente con una cubierta para proteger los cultivos de los factores ambientales como el exceso de sol, viento o lluvia.

Estos sistemas se adaptan a pequeños espacios, ya sea en zona rurales o urbanas. A nivel mundial se ha registrado un aumento significativo en el uso de estos, principalmente para la producción de vegetales especiales. En la Isla, estos permiten extender los periodos de producción de vegetales, frutas y farináceos aun en periodos de mucha lluvia. Su objetivo principal es mejorar la salud y el vigor de las plantas cultivadas.

Es importante reconocer que la producción bajo estos sistemas tiene sus retos, por lo que presentamos la guía *Sistemas de túneles: guía para la construcción, manejo y producción sustentable de*

*cultivos*. El objetivo de esta guía es proveerle a los agricultores y comunidades organizadas con un fin agrícola, información técnica sobre la selección, instalación y manejo de los sistemas de túneles, el manejo de los suelos, cultivos que se adaptan a este ambiente, plagas que pueden afectar los cultivos y el uso de registros que le pueden ayudar en el proceso administrativo.

## Autores

Ing. Eric Irizarry Otaño, Especialista en Ingeniería Agrícola y Decano Asociado y Sub Director del Servicio de Extensión Agrícola

*Sistemas de túneles para cultivos: selección y mantenimiento del sistema*

Dr. Daniel A. Bair Gallegos, Especialista en Suelos del Servicio de Extensión Agrícola

*Manejo del suelo en sistemas de túneles para cultivos*

Dra. Ermita Hernández Heredia, Especialista en Hortalizas del Servicio de Extensión Agrícola

*Alternativas de cultivos para los sistemas de túneles*

Prof. Ada N. Alvarado Ortiz, Especialista en Manejo Integrado de Plagas del Servicio de Extensión Agrícola

*Plagas de las hortalizas en sistemas de túneles para cultivos*

Prof. Wanda I. Almodóvar Caraballo, Especialista en Fitopatología del Servicio de Extensión Agrícola

*Enfermedades de las hortalizas en sistemas de túneles para cultivos*

Dra. Myrna Comas Pagán, Especialista en Economía Agrícola y Directora PAU del Servicio de Extensión Agrícola

*Registros para empresas agrícolas con sistemas de túneles para cultivos*

1.0

# Sistemas de túneles para cultivos: selección y mantenimiento del sistema

---

Eric A. Irizarry Otaño, MSC, PE

## 1.0 Sistemas de túneles para cultivos: selección y mantenimiento del sistema

*Eric A. Irizarry Otaño, MSC, PE*

### **Resumen**

La agricultura en Puerto Rico y a nivel mundial, además de la producción al aire libre o campo abierto, se practica utilizando una amplia variedad de estructuras con o sin ambientes modificados. Entre estos se destacan los umbráculos, sistemas de túneles e invernaderos con cultivos en sustratos inertes o en suelo. El uso de estos sistemas artificiales se puede considerar como agentes modificadores del clima y es común conocer este tipo de producción agrícola como agricultura protegida. Estos sistemas permiten obtener productos de calidad tanto para el mercado interno como el de exportación. El cultivo en estas estructuras o sistemas puede representar un ejemplo de producción intensiva que nos permite desarrollar la agricultura al máximo. En esta sección se explicarán los diferentes tipos de sistemas, las consideraciones del lugar a establecer la estructura, la preparación del terreno para la construcción, los materiales para las estructuras y para las cubiertas, la instalación y el mantenimiento. Además, se incluyen algunas recomendaciones para establecer sistemas de riego. Al finalizar esta sección, podremos determinar y seleccionar el tipo de estructura o sistema que mejor se adapte a nuestras necesidades de cultivo.

### **Introducción**

La agricultura protegida se puede resumir como toda área cerrada o delimitada por una estructura de madera o metal, cubierta por materiales transparentes o semitransparentes, que permite cultivar plantas en condiciones artificiales, controlando el microclima para el cultivo de plantas. Bajo este sistema agrícola especializado se controla la edafología<sup>1</sup>, alterando sus condiciones (suelo, temperatura, radiación solar, viento y humedad, entre otras).

Las instalaciones para la protección de cultivos pueden ser muy diversas entre sí por las características y complejidad de sus estructuras, así como por la mayor o menor capacidad de control ambiental. Una primera clasificación de los diversos tipos de protección puede hacerse distinguiendo entre umbráculos (Figura 1.1) con sombra/malla, sistema de túneles para cultivos (Figura 1.2) e invernaderos (Figura 1.3).

Las características de estas estructuras en cuanto a dimensiones y forma dependerán en gran medida de la climatología de la zona y de los factores relacionados a la transmisión de luz solar. En climas templados es importante por el costo de calefacción. Sin embargo, en Puerto Rico, el calor representa el problema principal.

---

<sup>1</sup> Edafología.- Ciencia que estudia la naturaleza y condiciones del suelo, en su relación con las plantas.

## Estructuras de protección

### Umbráculos

Conocidos en América Latina como “casas sombra” o “malla sombra”, estas estructuras, por lo general con techos planos, tienen el objetivo de reducir la cantidad de energía proveniente de la radiación solar, provocando un descenso en la temperatura interior y brindar sombra. Mediante el empleo de mallas se puede reducir entre 10 y 95% del total de la radiación solar (Juárez et al., 2011). Se considera que el calor es producido por la radiación infrarroja. La cantidad de luz que se deja pasar al interior va a depender del tipo de cultivo en el interior. En el mercado se encuentran mallas que van de 30 a 90% de opacidad.<sup>2</sup> Las mallas de sombra no evitan el paso del agua de lluvia, además son permeables al viento. La elevación en estos varía desde los 8 pies a los 16 pies (2.4 m a 4.9 m) y las dimensiones de área varían de 10 a 100 pies (3 a 30 m) de ancho por 100 pies (30 m) de largo, en módulos de 10 pies a 20 pies (3 a 6.1m).

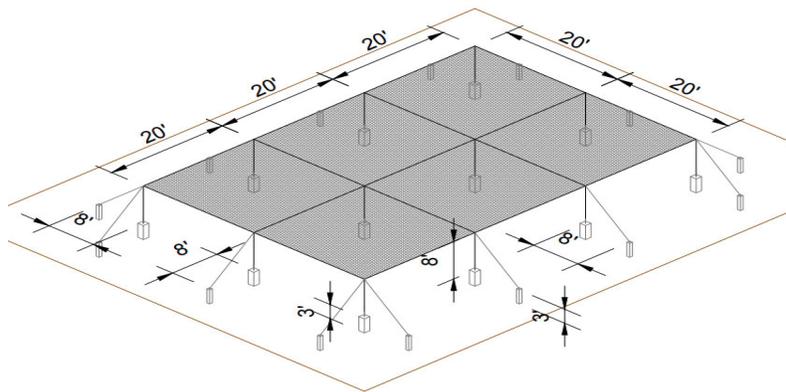


Figura 1.1. Umbráculo: estructura de metal o madera con techo plano y tela para sombra

### Sistema de túneles

Los túneles para cultivos o *high tunnels* son estructuras generalmente construidas en metal con techos en dos vertientes o dos aguas o cubiertas curvas con arcos en tubos de PVC, hierro galvanizado o aleaciones de aluminio, cubiertos con una o más capas de materiales plásticos utilizados en la construcción de invernaderos, geotextiles o malla contra insectos. En Puerto Rico, su altura oscila generalmente entre 8 y 10 pies (2.4 a 3 m) en los laterales y de 10 a 12 pies (3 a 3.6 m) de elevación al centro, favoreciendo el uso de variedades de plantas indeterminadas y el paso de personas e implementos por su interior. Esto es incentivado por la práctica de conservación o estándar 325 del Servicio de Conservación de los Recursos Naturales (NRCS). De ser necesario hacer modificaciones significativas en la estructura, las mismas son permitidas siempre y cuando sean evaluadas y aprobadas por el fabricante del sistema.

El problema principal en Puerto Rico con estas elevaciones son las altas temperaturas que se crean en el interior. Por otro lado, la mayoría de estas estructuras tienen dimensiones desde 18 pies (5.5 m) hasta 36 pies de ancho por 100 pies (30 m) de longitud y operan con principios similares a los de un invernadero. La diferencia principal entre los invernaderos y los túneles para cultivos radica en que los últimos no tienen temperatura controlada, ni sistemas de ventilación automática. La ventilación es pasiva y se realiza enrollando

<sup>2</sup> Opacidad- Relación entre la intensidad de luz que incide en un cuerpo y la que lo traspasa.

mecánica o manualmente los laterales del túnel para permitir la circulación del aire y/o estableciendo ventilación cenital. Estos sistemas de túneles para cultivos se pueden modificar para controlar la edafología.



*Figura 1.2. Sistema túnel para cultivos en la Estación Experimental de Juana Díaz construido en metal, techo de plástico y paredes cubiertas en tela.*

## Invernaderos

Son construcciones relativamente altas, herméticamente cerradas y definidas por una estructura de madera (normales fuera de Puerto Rico) o metal, cubierta con materiales transparentes y diseñadas para simular las condiciones climáticas adecuadas para el desarrollo y crecimiento de las plantas. Se pueden instalar sistemas de iluminación artificial, así como otros componentes para regular los factores del clima interior, como la temperatura y la humedad. El techo puede estar cubierto por plástico, vidrio, fibra de vidrio o láminas corrugadas de policarbonato, pudiendo incluir ventanas cenitales para una ventilación pasiva.

A su vez, las paredes frontales y laterales pueden ser cubiertas con los materiales antes descritos o por mallas que evitan la entrada de insectos. Los invernaderos difieren de los demás sistemas en que son de mayor solidez y suficientemente altos 16 pies (5 m) y anchos para permitir el cultivo de plantas con diversidad de altura, incluso árboles frutales.

El objetivo que persigue la utilización del invernadero es propiciar y mantener un ambiente de crecimiento que produzca los máximos rendimientos y calidad del cultivo. El diseño de la estructura debe proporcionar protección contra el viento, lluvia, sequía, calor, plagas y enfermedades. Los elementos estructurales y la cubierta deben permitir la máxima transmisión y difusión luminosa al cultivo.

La mayoría de los invernaderos permiten incorporar ventiladores y otros sistemas para el control climático según las necesidades de las plantas. Son los sistemas más costosos, especialmente si el ambiente es controlado por sistemas de ventiladores mecánicos, paredes húmedas o *cooling systems*, sistemas de niebla artificial, iluminación artificial y control computarizado.



Figura 1.3. Estructura en metal, cerrada herméticamente, con techo en plástico y ambiente controlado en la Estación Experimental Agrícola de Río Piedras.

### **Sistema de túneles para cultivos o high tunnels**

En Puerto Rico, durante la estación húmeda que transcurre desde mayo hasta octubre, el clima es caluroso y la temperatura media es de 28° C (82.4° F) con máximas diurnas de 32° C (89.6° F) en la zona norte, 38° C (100.4° F) en la región sur y mínimas promedio en la zona montañosa de 13° C (55.4° F) (Santiago, 2007) y una humedad alrededor de 80%. La elevación máxima de la isla, que es en el municipio de Jayuya, es de 1,338 m o 4,390 pies sobre el nivel del mar (US Geological Survey, 2011) y es considerada una elevación baja comparada con otros países. Además, los altos costos del combustible fósil, la disponibilidad de los equipos especializados y algunos materiales de construcción hace difícil la operación de invernaderos. La utilización de túneles para cultivos que, por su naturaleza, son más económicos y añadir sistemas de energía solar puede hacer viable (aún con el alto costo inicial de los equipos) la utilización de estos sistemas de agricultura protegida. Por lo tanto, es una alternativa a considerar siempre y cuando se planifique e incorporen las modificaciones necesarias para cumplir con las exigencias de los cultivos y manejar el clima interior.

### **Consideraciones del lugar (site) para establecer el sistema de túneles**

La estructura debe estar localizada en un lugar con acceso apropiado (caminos y/o carreteras), cerca de las instalaciones de utilidades (electricidad y fuente de agua confiable). Debe estar en un lugar expuesto al sol para mejorar la intensidad de luz solar y protegida del viento excesivo. Se debe dejar al menos de 12 a 16 pies (3.65 a 4.88 m) de distancia alrededor de la estructura para el mantenimiento de esta y mejor circulación del aire. Como ningún proyecto es idéntico a otro, es necesario un reconocimiento del sitio y caracterizar el lugar. En Puerto Rico, este tipo de estructuras se consideran temporeras, por lo tanto, no es necesario obtener permisos de construcción.

### Utilidades

- **Agua.**– La cantidad y calidad del agua es importante en este tipo de sistemas. El agua debe estar libre de sedimentos y contaminantes químicos. El agua con sedimentos puede obstruir los orificios del sistema de riego y dispersar hongos, virus y enfermedades en los cultivos.
- **Electricidad.**– No es indispensable si está localizado en lugares con buena ventilación pasiva (ventilación lateral y/o cenital) y temperaturas agradables durante todo el año. La temperatura óptima para las plantas depende de las necesidades de la variedad y la etapa de crecimiento. Por lo general, para las plantas tropicales de follaje, las plantas prosperan en temperaturas que están en el rango de 65 y 85° F (18 a 29° C). Para conocer la temperatura óptima del cultivo, puede consultar al Agente Agrícola de su municipio. En la mayoría de los pueblos de nuestra isla, será necesario bajar temperatura principalmente en la época de verano. De necesitar bajar temperaturas en el área, entonces se debe considerar establecer la estructura cerca de la red eléctrica o considerar el uso de energía solar.

### Acceso

Es importante localizar la estructura cerca de carreteras y/o caminos de acceso para facilitar el movimiento de equipos, productos y suministros. Además, evaluar el lugar donde se encuentra el área de lavado, proceso, empaque y distribución del producto para establecer el sistema de túnel cercano a estas. De establecer varias estructuras en el mismo predio, debe considerar separarlas al menos, en cuanto a la distancia horizontal, igual al alto de la estructura para evitar que una estructura provea sombra a la otra. En adición, debe evaluar la localidad para expansiones futuras.

### Orientación de la estructura

Tradicionalmente en Puerto Rico las estructuras se ubican con su eje longitudinal de Norte a Sur. Sin embargo, en el caso de los túneles, siempre y cuando el terreno lo permita, se recomienda que se establezcan con su eje longitudinal de Este a Oeste. Esta orientación permitirá maximizar el contacto de la luz solar con las plantas y beneficiar el proceso de fotosíntesis de estas. Es importante evitar la presencia de edificios o árboles que obstaculicen el flujo natural del aire por las ventanas. Además, se recomienda la utilización de cubiertas plásticas que permitan maximizar la difusión de la luz solar y disminuir la temperatura interior. Es conveniente orientar la estructura de forma que las ventanas laterales y/o cenitales se sitúen perpendicularmente a la dirección opuesta a donde soplan los vientos predominantes durante el año; buscando que, al pasar los vientos por la parte superior de la estructura, se cree una presión negativa que nos ayude a extraer el aire caliente (Figura 1.4).

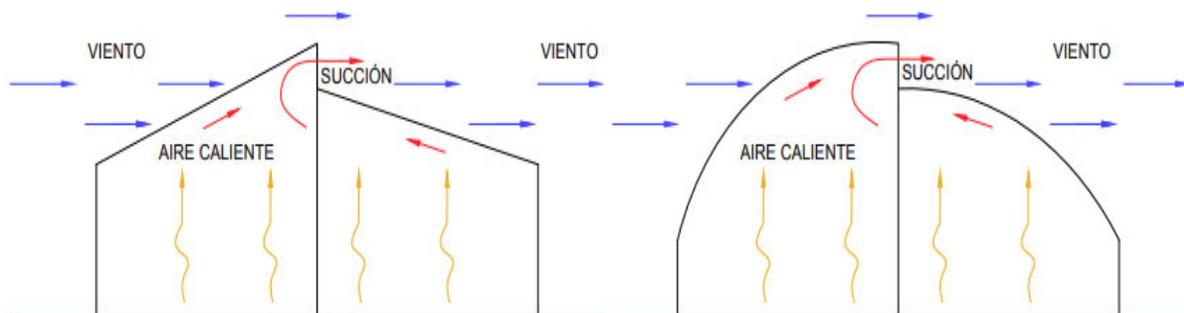


Figura 1.4. Diagrama de extracción de aire caliente. El aire caliente, al ser más liviano que el aire frío, tiende a subir (flechas amarillas) y acumularse en la parte alta de la estructura. Cuando el viento (flecha azul) pasa a cierta velocidad sobre la apertura cenital, crea una presión negativa que ayuda a sacar el aire caliente (flecha roja) fuera de la estructura.

Es importante que el lugar donde se ubicará la estructura sea un espacio abierto para que, tanto la ventilación pasiva como la mecánica sean eficientes. La ventilación adecuada nos ayuda no sólo a remover el aire caliente, sino que también remueve el exceso de humedad sobre las hojas que pueden causar enfermedades.

### Terraplén<sup>3</sup>

El estándar o práctica de conservación 325 de NRCS incentiva construir túneles para cultivos en el terreno natural, áreas niveladas o con pendientes menores al 5% y tiene restricciones para crear terraplenes dependiendo del tipo de suelo y la profundidad de la capa productora. Sin embargo, existen lugares donde es deseable la construcción de un terraplén nivelado o con una pendiente menor al 5% para aumentar la ventilación. Según aumenta la temperatura del aire, este se eleva —por ser más liviano— hasta la parte alta del túnel y sale por las ventanas dejando escapar el calor. El área del terraplén debe ser lo suficientemente amplia para establecer las estructuras dejando caminos alrededor y entre estas, de 12 a 16 pies (3.65 a 4.87 m) de ancho para el mantenimiento de las estructuras. La mayoría de estas estructuras son instaladas con postes de metal o madera enterrados de 2 a 4 pies (0.61 a 1.22 m) de profundidad. Para establecer los cimientos de estas estructuras se debe profundizar en el suelo hasta llegar al terreno firme. Es necesario establecer una base firme, especialmente en la base de los cimientos de los postes que son de concreto armado para evitar el asentamiento de la estructura. El nivel del suelo del túnel puede tener al menos 1 pie (0.30 m) por encima del nivel del terreno natural para la siembra directa de los cultivos. Esto, además, puede evitar problemas con escorrentías. Es posible construir en lugares con pendientes pequeñas. Una pendiente gradual 5% de un lado al otro de la estructura puede ser beneficioso principalmente si se utiliza algún sistema de riego de baja presión. Esta pendiente puede facilitar la instalación de canaletas en la estructura para la recolección de agua para almacenaje y/o manejo de escorrentías. Para recolectar o almacenar agua, podemos indicar que 1 pulgada de lluvia cayendo sobre 1,000 pies cuadrados de superficie rinde aproximadamente 623 galones y utilizar la siguiente fórmula:

$$V = A_t \times I \times 0.623$$

V = galones de agua para almacenar

$A_t$  = Área de techo, en pies<sup>2</sup>

I = precipitación en pulgadas

0.623 = factor de conversión

Por ejemplo: Una pulgada de agua de lluvia que cae sobre una estructura de 30 pies (9.14 m) de ancho x 96 pies (29.26 m) de largo, puede representar aproximadamente 1,794.24 galones (6,782 l) de agua sobre toda la estructura. Por lo tanto, se debe tomar en consideración la remoción de escorrentías o exceso de agua acumulada en la superficie del terreno a causa de lluvias muy frecuentes e intensas, causadas por topografía muy llana e irregular y suelos poco permeables (Rojas, 1984).

### **Selección de la estructura**

La selección y eventual construcción de la estructura es una de las facetas más excitantes del proyecto. Esta depende esencialmente de las necesidades de cada agricultor. La selección de la estructura debe basarse en el propósito de uso, el capital disponible y las características del lugar. Los pasos previos a la construcción,

<sup>3</sup> Terraplén.— Plano de terreno que permite el impulso de una construcción.

como la planificación, la inversión, el financiamiento, así como conseguir y ordenar materiales son las partes más difíciles. Esto debido a la gran variedad de formas o diseños, tamaños y equipos especializados en el mercado. Se instalan con forma gótica o capilla, arcos o media luna, tropical, *gable roof* o a dos aguas, siendo los más comunes en Puerto Rico la media luna, góticos y tropical (Figura 1.5).

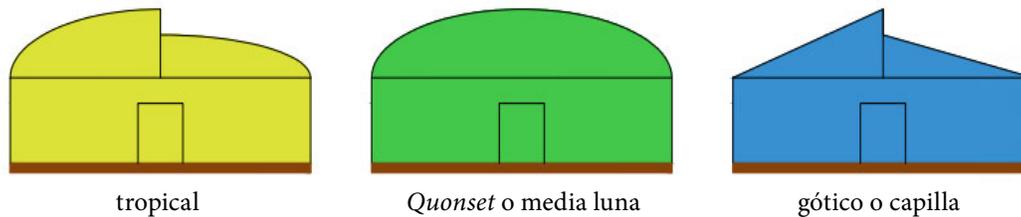


Figura 1.5. Formas básicas de los túneles: tropical, media luna y gótico o capilla

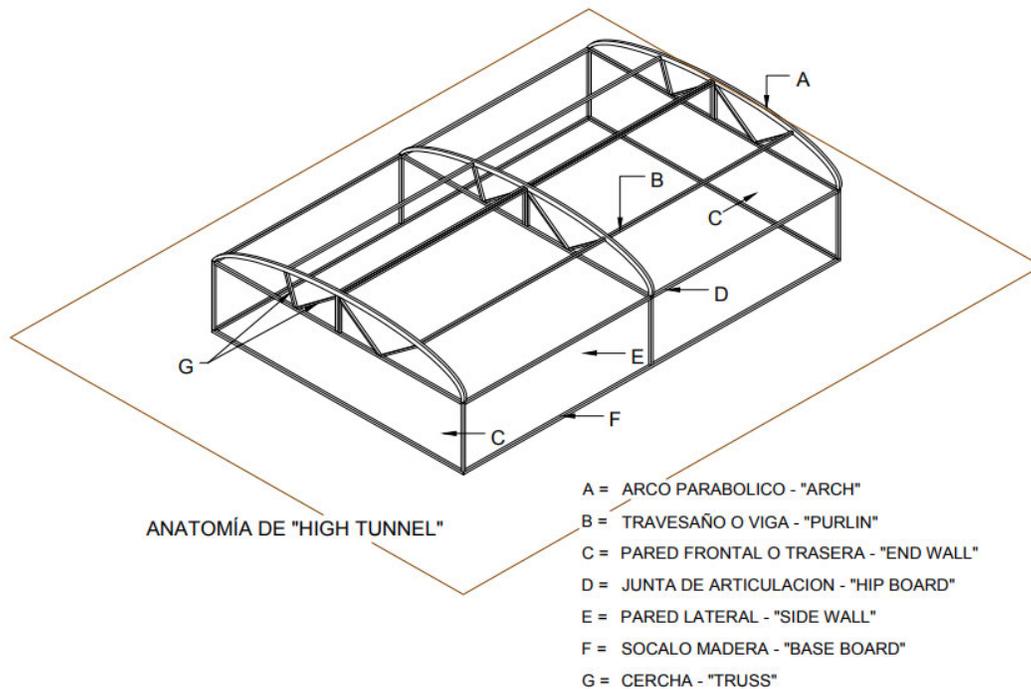


Figura 1.6. Anatomía del túnel para cultivos

En Puerto Rico es común ver estructuras con elevaciones menores a 12 pies (3.65 m) en el centro de estas, creando muchos problemas para lidiar con el calor diurno en el interior. En la práctica o estándar 325 de NRCS las modificaciones significativas a las estructuras están permitidas siempre y cuando sean verificadas y autorizadas por el fabricante y este asegure la garantía de la estructura.

Debido al factor de calor, estamos recomendando sistemas de túneles para cultivos con elevaciones de hasta 16 pies (4.87 m) en el centro x 12 pies (3.65 m) en los lados. La huella de piso debe estar entre 18 pies a 36 pies (5.48 a 10.97 m) de ancho x 100 pies (30.50 m) de largo. Sin embargo, los kits incentivados por NRCS son de 30 pies de ancho; el ancho puede variar según las necesidades del cultivo y el agricultor. En estructuras

grandes donde debemos lidiar con vientos, se recomienda establecer los arcos a 5 pies (1.52 m) de distancia entre ellos. El Servicio de Extensión Agrícola recomienda evitar estructuras tipo túnel más altas de 26 pies (7.92 m), con el propósito de evitar la fuerza que ejercen los vientos sobre la estructura. Además, se debe establecer aperturas o ventanas laterales y/o cenitales, para el movimiento de aire pasivo o mecánico. La estructura debe tener la resistencia suficiente para tolerar el peso de los equipos especializados. La mayoría de estas estructuras debido a los materiales disponibles para su construcción se diseñan para resistir vientos leves, no para resistir tormentas fuertes y/o huracanes, pues de lo contrario, el costo de construcción sería muy alto haciéndolas no viables. En caso de huracanes se debe desinstalar las cubiertas para evitar el colapso. Para conocer la resistencia de la estructura, debe solicitar este parámetro a las compañías que producen y venden las estructuras y/o consultar con un ingeniero licenciado para ejercer la profesión en Puerto Rico.

### **Materiales para la estructura**

Fuera de Puerto Rico, en países de Centro y Sur América, así como en los Estados Unidos de América es común ver sistemas con estructuras construidas en madera, por el bajo costo de la materia prima en esos países. Sin embargo, su uso se ha reducido debido al alto costo en mantenimiento. Además, el establecer vigas o madrinas de carga muy grandes para resistir el peso de la estructura crea el problema de sombras en el interior. Los materiales tienen que ser resistentes y ofrecer garantías de estabilidad. Hoy día, se consiguen estructuras que se pueden construir con aleaciones de aluminio y acero. La tubería de cloruro de polivinilo (PVC, por sus siglas en inglés), aunque en ocasiones se ha utilizado, tiene limitaciones debido a su baja resistencia en tensión y su tendencia a colapsar a los efectos causados por el viento. EL PVC es un material rígido y quebradizo. Además, como el PVC puro no es estable en su producción se añade plomo, cadmio y otros químicos y estabilizadores que son tóxicos y pueden perdurar en el ambiente (Thorton, 2002). Se recomienda que las estructuras estén construidas en acero de alta resistencia en tensión y cubiertas galvanizadas para evitar corrosión.

### **Acero**

El acero es un material que tiene buena resistencia a las cargas. Con este se pueden crear elementos estructurales (columnas, vigas, cerchas y *purlins* o viga de soporte) relativamente livianos y permiten la manipulación. Se recomienda utilizar acero de calibre 14 o 12 y tubería de 2 3/8 pulgada (6.03 cm) de diámetro (Phelps, 2014). Esta característica es excelente para crear diferentes estructuras con mayor separación entre los elementos, lo que se traduce en una mayor iluminación, beneficiando a las plantas en el interior. La utilización de cerchas y arriostres proveen soporte transversal a la estructura y, por su resistencia en cargas, permite establecer dispositivos y/o equipos de aireación, iluminación, entre otros. Las paredes de la entrada y final del sistema de túnel *endwall*, son muy importantes para asegurar la estructura ya que estas son las que resisten el embate de la fuerza del viento. Se recomienda utilizar tubería cuadrada de acero galvanizado, *purlins* tipo c y angulares de hierro.

### **Aleaciones de aluminio**

Estas aleaciones presentan características similares a las del acero, pero con la ventaja de que resisten mejor la corrosión y permiten la construcción de estructuras más complicadas. Sin embargo, tienen la desventaja de precios muy altos y presentan problemas de soldaduras en las diferentes piezas.

## Construcción

En la construcción de una estructura para túneles para cultivos hay que tener en cuenta varios factores importantes: en la superficie de terreno destinada al túnel se debe marcar cuidadosamente el sitio exacto en que ha de levantarse. Para esto se debe contar con los planos, diseñados a la medida para el lugar. Se debe marcar la línea de cada pared del túnel e identificar la localización exacta donde se colocarán los postes principales de la estructura. Luego, se procede a establecer el ángulo perfecto para marcar los demás. Es sumamente importante la nivelación del terreno para drenajes, pero más aún, la nivelación y replanteo (Figura 1.7) de los cimientos tiene que ser perfecta. Cualquier fallo en este aspecto creará dificultades para

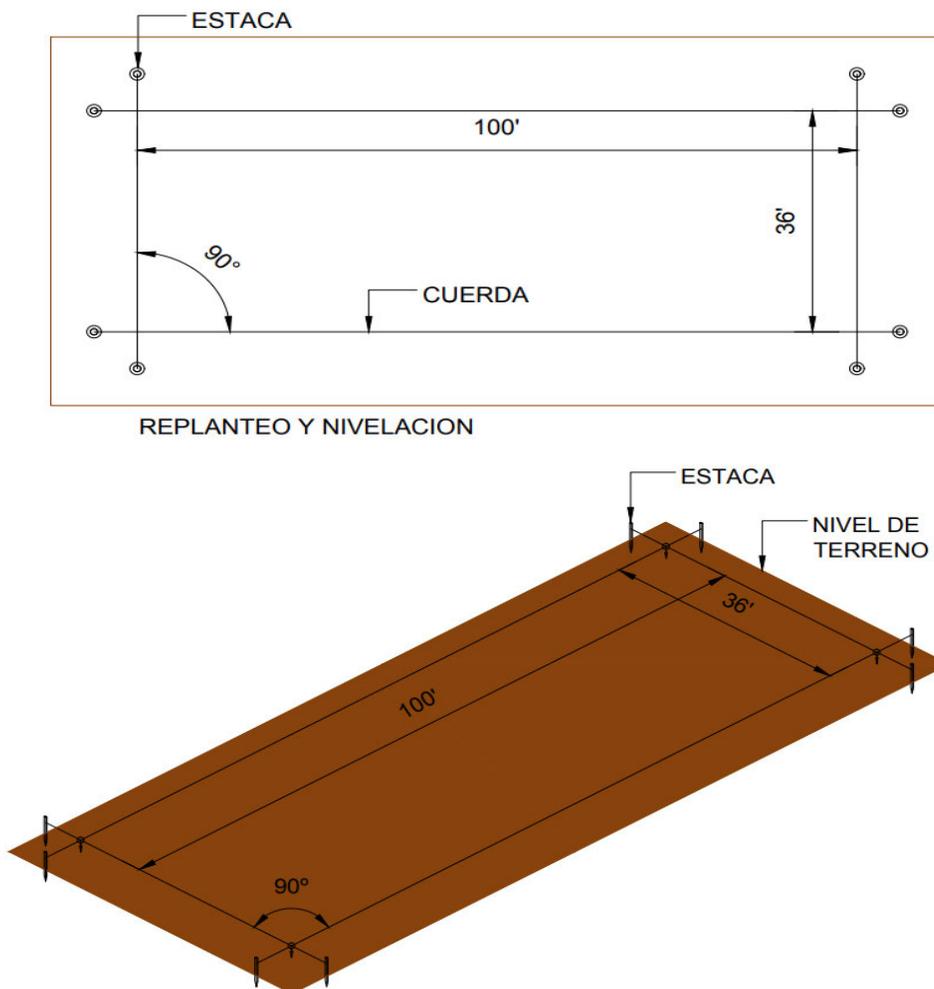


Figura 1.7. Replanteo y nivelación del terreno

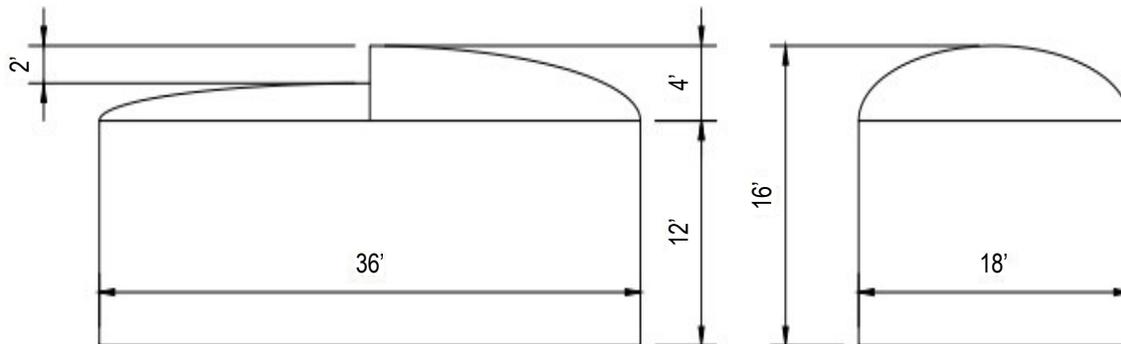


Figura 1.8. Esquemático de elevaciones de la estructura (no a escala)

la elevación de la estructura y eventualmente en el ajuste del recubrimiento. A largo plazo puede causar problemas, ya que la estructura podrá estar sujeta a fatiga de los materiales y disminuir la vida útil.

Las figuras 1.7 y 1.8 son sólo con propósito educativo para visualizar el replanteo del terreno, las elevaciones y el ancho de las estructuras, respectivamente. Los cálculos para estimar y diseñar la estructura incluyen las cargas que actúan en el túnel. Estas cargas se dividen en cargas permanentes o muertas como el propio peso del material de cubierta, el peso de los elementos estructurales y el peso de los equipos. Además, incluye las cargas accidentales o vivas como la acción del viento y la lluvia. Para las dimensiones y especificaciones técnicas de los materiales para las columnas, arcos, *purlins*<sup>4</sup>, cimientos y plásticos, refiérase a los planos del túnel diseñado por un ingeniero licenciado.

### Materiales de cubierta (recubrimiento)

Uno de los recursos más importantes y de ningún costo que un productor necesita es el sol. El sol produce la energía solar que a su vez origina la luz. Todos los materiales utilizados en las estructuras reaccionan a la luz solar. Es importante señalar que los materiales para la cubierta se ven afectados por la degradación térmica, química y de fotón<sup>5</sup>. La fotodegradación es la alteración del material cuando las moléculas del plástico se deterioran al absorber los fotones que se encuentran particularmente en la luz solar, como la radiación infrarroja, luz visible y luz ultravioleta. Las plantas reciben y absorben la luz del espectro electromagnético que incluyen el largo de onda visible a los humanos y el largo de onda que los humanos no ven como los rayos-x, microondas, ondas de radio e infrarrojas. El largo de ondas se mide en nanómetros. Un nanómetro es igual a un billonésimo de un metro y el largo de onda es la distancia entre cresta y cresta de una onda. Las plantas utilizan para el proceso de fotosíntesis una estrecha banda del espectro electromagnético que se conoce como radiación activa fotosintética (PAR, por sus siglas en inglés) o *PAR light*. El *PAR light* incluye el espectro entre 400 nm y 700 nm. Esto incluye la luz ultravioleta que son ondas cortas, menores de 380 nm (culpable de quemaduras en la piel y tejidos) y la luz roja que son ondas largas entre 610 y 760 nm que sólo se pueden observar en la puesta del sol. Los rayos infrarrojos se encuentran en el largo de onda mayor a 760 nm que causan calor en el túnel, calientan la tierra, pisos y objetos. Las cubiertas plásticas más opacas en el

<sup>4</sup> *Purlins*.— Travesaño o viga del techo

<sup>5</sup> Fotón.— Partículas portadoras de la luz visible, la luz ultravioleta, la luz infrarroja, los rayos x, los rayos gamma y el resto de las formas de radiación electromagnéticas.

intervalo de la radiación infrarroja y, a la misma vez, más transparentes a la luz visible del espectro solar —la cual es usada para el proceso de fotosíntesis— tienen la ventaja de proveer un mejor desarrollo vegetativo, resultando en cosechas de mejor calidad y abundancia. (Espí et al., 2006). Para todas las plantas se debe optimizar su exposición al *PAR light*, que debe estar entre 400-700 nm. Si el PAR es bajo, la absorción de carbono y el crecimiento de las plantas son limitados, mientras que demasiado PAR puede dañar el aparato fotosintético y causar fotoinhibición. (Ahmad & Rasool, 2014). Al mismo tiempo, se debe minimizar la exposición a los rayos ultravioleta (UV) y la radiación infrarroja, ya que puede dañar o sobrecalentar el tejido cuando se recibe en exceso.

El flujo de fotones fotosintéticos (PPF<sup>6</sup>, por sus siglas en inglés) mide la cantidad total de PAR por segundo que es producido por un sistema de luz. Esta medida es tomada por instrumentos especializados (piranómetro<sup>7</sup>, radiómetros o solarímetros) (Allen et al., 2006) y su medida se puede expresar en  $\mu\text{mol/s}$ . La densidad de flujo de fotones fotosintéticos (PPFD<sup>8</sup>) mide la cantidad de PAR que llega a un punto específico en el *canopy* de las plantas y se mide en  $\mu\text{mol/m}^2/\text{s}$ . La eficacia de los fotones indica cuán eficiente es un sistema de luz en la horticultura convirtiendo la energía en fotones de PAR. (Gasse, 2017) Si dividimos el PPF entre los vatios de radiación solar expresado en julios/segundo, obtendremos la eficiencia del sistema. Mientras mayor sea este valor, más eficiente es el sistema, convirtiendo la energía o radiación en fotones de PAR. La gráfica de radiación activa fotosintética representa la respuesta promedio de las plantas al PAR. Podemos hacer la analogía de a mayor el PAR del plástico, mayor será la actividad fotosintética de las plantas.

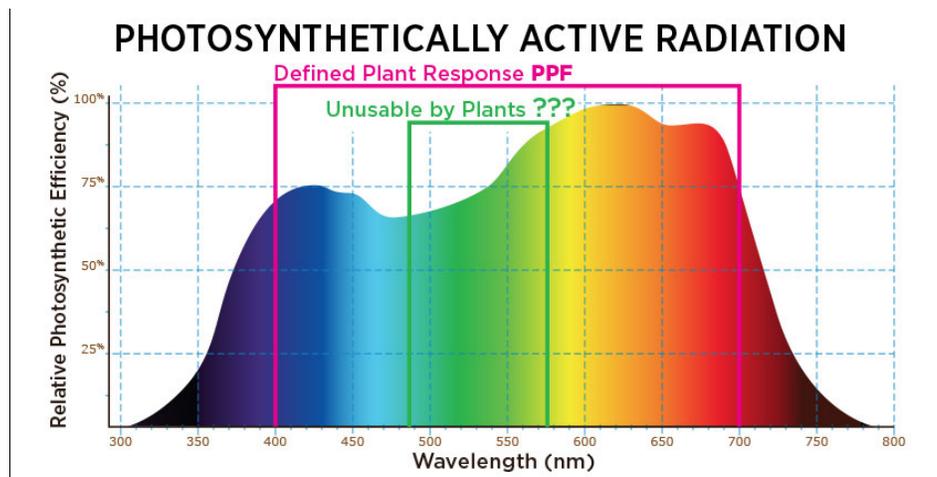


Figura 1.9. La gráfica representa la respuesta promedio de las plantas a la radiación activa fotosintética (PAR) (Gracian, s.f.)

Es importante la transparencia o transmisión de luz del plástico, esta es la proporción de radiación solar incidente sobre un material que es capaz de ser transmitida por ese material, es decir, es la proporción de radiación solar que es capaz de atravesar dicho material. La transparencia varía en función de tres factores básicos:

- Poder absorbente del plástico.— El material absorbe un porcentaje mayor o menor de la radiación que le llega. En muchas ocasiones se afecta por la densidad del material. A mayor densidad, más

<sup>6</sup> PPF.— *Photosynthetic photon flux*

<sup>7</sup> Piranómetro.— Instrumento que mide sobre una superficie horizontal, la suma de los tres componentes de la radiación solar incidente, radiación directa, reflejada y difusa.

<sup>8</sup> PPFD.— *Photosynthetic photon flux density*

rígido el material y peor sus cualidades mecánicas, por lo que en agricultura se utilizan láminas de baja densidad.

- Poder de reflexión.– De acuerdo con la propiedad de reflexión del material, hay rayos que no atraviesan el plástico y se reflejan hacia el exterior. Esto depende del ángulo de incidencia de la radiación solar con la cubierta de la estructura.
- Poder de difusión.– La radiación se difunde al pasar a través del material y como consecuencia, se reparte mejor la luz.

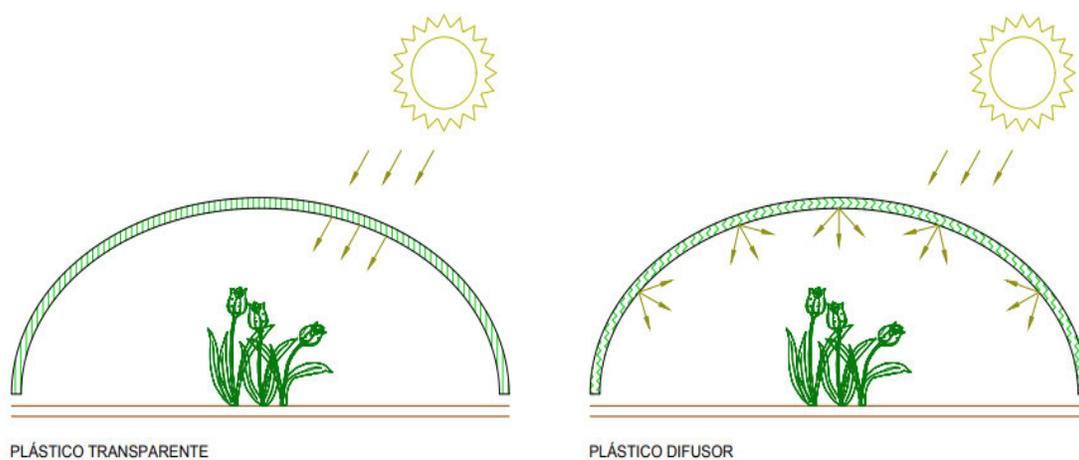


Figura 1.10. Difusión de luz solar a través de plásticos

El factor de difusión de luz que ayuda a romper el ángulo de iluminación directa y dispersa las partículas de luz dentro del túnel logrando que las plantas estén más expuestas a la luz, evitando sombras, puede ayudar a reducir la temperatura interna del túnel obteniendo menos calor en la copa de las plantas. Se recomienda plásticos con difusión de luz mayor a 70%.

Existen estudios que indican que la transmisividad promedio del plástico protector en sistemas de túneles agrícolas se encuentra alrededor de 80% en días nublados y alrededor de 78% en días soleados. (Farkas et al., 2001). La transmisividad de luz disminuye en las mañanas si el plástico no tiene tratamiento para evitar condensación. Además, es necesario un tratamiento para evitar que se adhiera el polvo a la superficie del plástico, pues esto provoca la disminución de la difusión y transmisividad del plástico.

Los materiales de cubierta para el techo son importantes, porque actúan modificando el clima natural de la zona donde se ubican e influyen en la decisión de las necesidades de refrigeración. Las propiedades térmicas y ópticas del material a utilizar determinan el microclima que se crea bajo el túnel con relación al clima exterior. La elección del material para la cubierta depende de varios criterios que interaccionan entre sí y ayudan a la elección del material; estos son:

- Tipo de estructura del túnel y anclaje
- Vida útil del material
- Respuesta agronómica, producción y calidad

La elección de este es en función al costo del material, su grado de protección térmica, la vida útil y el tipo de cultivo. Los materiales para cubierta a utilizar pueden clasificarse de la siguiente manera: vidrio (no recomendable en túneles por su alto costo, difícil manipulación y transporte) y material plástico o *film*.

- Material plástico.– se forma por láminas que pueden ser rígidas o flexibles
  - Plástico rígido:
    - Poliéster, ondulado o liso, con fibra de vidrio
    - PVC.– cloruro de polivinilo
    - Plexiglás.– poli metacrilato de metilo
  - Plástico flexible:
    - Polietileno o PE, normal, de larga duración térmica, infrarrojo, termoaislante y resistente al desgarre
    - *Poli film*.–lámina de poliéster
    - Copolímeros etileno-acetato-de vinilo o EVA.– Son más claros, flexibles y resistentes a bajas temperaturas. Son menos tolerantes al desgarre y forman bolsas cuando llueve.

El material más utilizado como cubierta en la mayoría de los sistemas de túneles es el polietileno. Este material está compuesto por polímeros que aportan propiedades como la resistencia mecánica a roturas, rasgados y se añaden aditivos para evitar la degradación que puede causar los rayos UV. Este tipo de plástico transmite mejor la luz solar, es más resistente al viento, al calor y a ponerse amarillo. El grueso de este material se mide en milésimas (mil) y la oferta varía grandemente. Sin embargo, los grosores más utilizados en la agricultura varían desde 3 mil hasta 8 mil o 12 mil, siendo el más utilizado el de 6 mil. A estos plásticos se suelen añadir otros aditivos que ayudan a prevenir la condensación del agua, bloquear los rayos infrarrojos que causan calor y a repeler la tierra y el polvo. Cada proveedor de estos plásticos puede indicar qué aditivos tienen sus productos y el propósito de estos.

### Telas para sombra

En muchas ocasiones se utiliza para bajar la temperatura en el interior de la estructura y para proveer sombra a ciertos tipos y variedades de plantas. Las telas se consiguen en diferentes grados de sombra o características para bloquear la luz solar. Este varía desde 10% hasta 100%. Los más comunes son de 55%, 65% y 73%. Se sugiere utilizar telas para sombra entre 65% y 73% de bloqueo solar en plantas que producen follaje. Para los sistemas de túneles, en los meses de verano se puede utilizar telas con 73% de sombra para bajar temperatura interior, (dependiendo del cultivo) y eliminar la sombra durante los meses de invierno. La máxima temperatura del aire no debe exceder los 95°F (35° C) por largos periodos de tiempo. De suceder esto debe utilizar telas de sombra en el tope del túnel para reducir el calor causado por el sol y bajar la temperatura. Incluso, puede instalar cortinas para la sombra en ambos lados de la estructura, bajarlas en días muy calientes y mantener la circulación del aire para reducir temperaturas. Para recomendaciones sobre el tipo de tela, puede consultar con el Agente Agrícola de su área y/o con los Especialistas del Servicio de Extensión Agrícola.

Otra alternativa es la instalación de sistemas con módulos de refrigeración. El principio de este tipo de refrigeración es que el agua, al pasar del estado líquido a vapor, absorbe el calor del aire del túnel lo que causa una baja en temperatura. Esto consiste en hacer pasar una corriente de aire desde el exterior del túnel al interior, a través de una pantalla humedecida constantemente, así el aire que entra se enfría. Para estos sistemas de enfriamiento la estructura del túnel debe estar diseñada para resistir el peso de estos equipos.

## Instalación de plásticos

Se utilizan varios métodos para la instalación de las cubiertas de plástico sobre las estructuras. El método que utilizar, por lo regular se define de acuerdo con la cantidad de personas disponibles para realizar el trabajo. La regla más importante para seguir es nunca intentar cubrir un túnel en días con viento. Se recomienda instalar los plásticos en días cálidos. (Phelps, 2014). Al transportar el plástico al lugar de instalación, es sumamente importante no arrastrar el rollo de cubierta, colocarlo sobre superficies lisas y no recargar o apoyar objetos pesados y con punta (como herramientas) sobre estos. Una vez en el lugar a instalar, se deben almacenar sobre paletas, no en el suelo, protegerlos de la luz solar y lejos de lugares húmedos. En el caso de un almacén, deben estar alejados de productos químicos que puedan soltar partículas tóxicas que pueden degradar el plástico. Antes de la instalación de la cubierta, se debe revisar la estructura para que esté libre de materiales que puedan causar daño como: alambres, piezas sueltas, imperfecciones en los elementos estructurales como *purlins* y cerchas. Estas imperfecciones deben ser envueltas o aisladas para evitar perforaciones y rasgaduras en la cubierta. Se recomienda que todas las áreas que tendrán contacto con la cubierta sean tratadas con pintura blanca en base de agua y/o aluminizada. Por lo general, los plásticos indican cuál es la cara interna de estos. Por lo tanto, hay que asegurar que el plástico se instala con su cara interna hacia el interior de la estructura o del túnel.

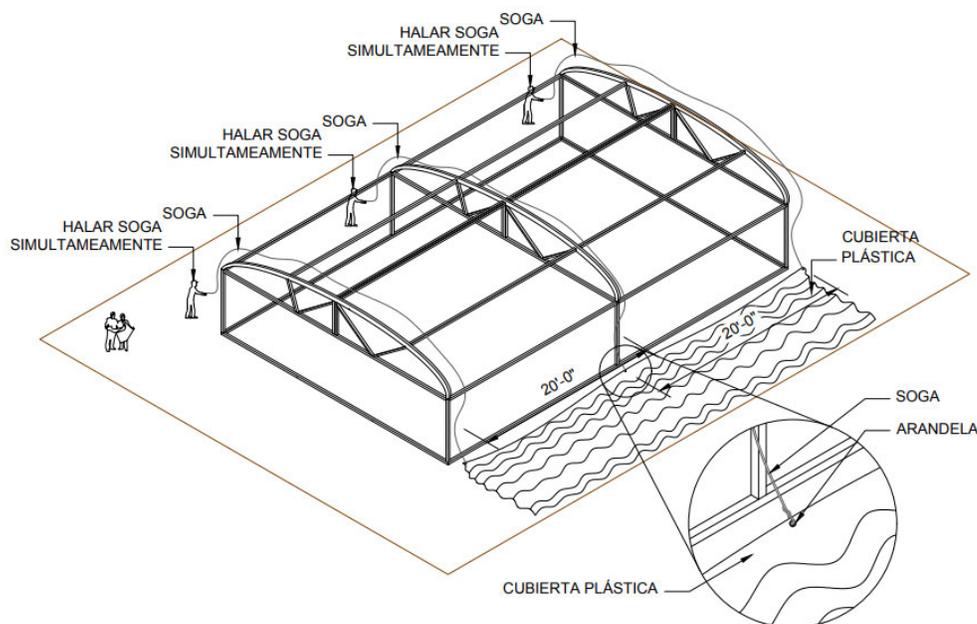


Figura 1.11. Esquemático de la instalación de una cubierta plástica

Por experiencia y a modo de ejemplo, cubrir una estructura de 30 pies (9.14 m) de ancho x 100 pies (30.5 m) de largo comunes en Puerto Rico, con una simple capa o lámina de polietileno debe tomar aproximadamente de 3 a 4 horas con un equipo de 6 a 8 personas diestras. De lo contrario, toma más tiempo la instalación. La experiencia del equipo de trabajo en la instalación de este material reduce el tiempo de trabajo dedicado a esta tarea. Una alternativa para la instalación de la cubierta puede ser fijar alfajías de madera de tamaño de 1-½" (3.81 cm) x ½" (1.27 cm) a lo largo de la estructura, donde comienzan los arcos, con el propósito de pegar más adelante los accesorios para fijar el plástico (Ver ilustraciones 11 y 12 esquemáticos para la instalación del plástico). Una vez establecidas las alfajías, se pasa a fijar arandelas en el plástico a intervalos preestablecidos y amarrar sogas, con el propósito de halar el plástico sobre la estructura. Esto se logra desenrollando el plástico a lo largo del eje longitudinal de la estructura, pero sin desdobl原因arlo. Una vez realizado esto, se instalan las arandelas en el plástico a intervalos de 20 pies (6.09 m). Luego, uno o dos

empleados amarran una soga a la arandela y pasan la soga sobre la estructura. Al otro lado debe haber 5 empleados que comenzarán a halar las sogas amarradas al plástico todos al unísono. Con el propósito de distribuir el peso del plástico entre todos los instaladores, se debe realizar en contra de la brisa, de existir, para facilitar el trabajo. Tan pronto el plástico esté sobre la estructura, este debe cuadrarse y asegurarse temporeraamente a las alfajías en la estructura. Luego se procede a tensar el plástico desde ambos lados de la estructura a la misma vez, utilizando las sogas y grapas de sujeción, comenzando de un extremo del túnel al otro hasta lograr fijar el plástico con la tensión deseada. Estas grapas de sujeción se componen de dos partes que pillan el plástico sin perforarlo, repartiendo las tensiones uniformemente al halar (Existen diferentes marcas y modelos de grapas sujetadoras en el mercado). La cubierta debe estirarse o ajustarse solo lo suficiente para que el plástico esté libre de arrugas, se frunza o deje espacios donde el agua de lluvia se pueda almacenar. Para finalizar y fijar la cubierta se puede utilizar cremalleras de presión de plástico o de aluminio, *metal o plastic fastener*.

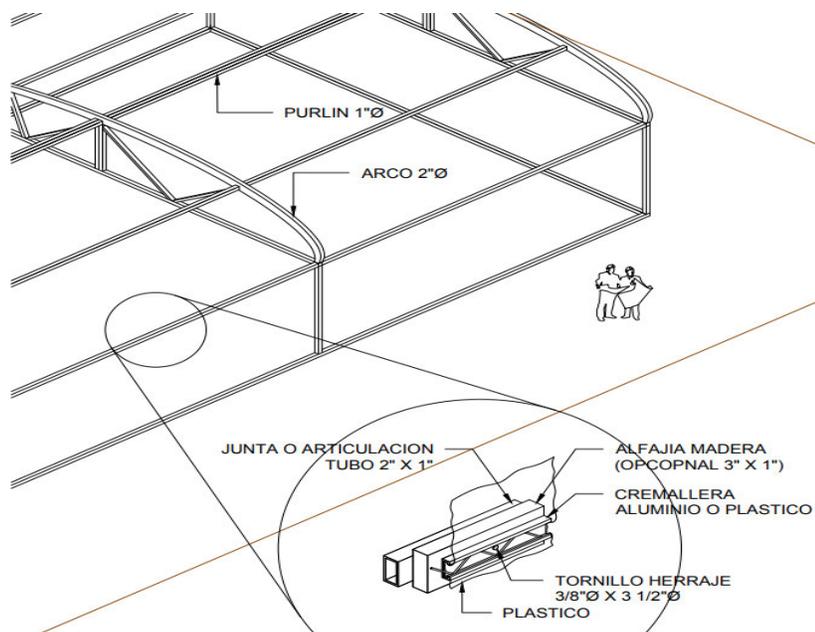


Figura 1.12. Detalles de la instalación de plásticos y cremallera de aluminio

## Mantenimiento del sistema

Es conveniente inspeccionar el túnel periódicamente. El costo mayor en mantenimiento es el reemplazo de la cubierta plástica. La mayoría de los plásticos tiene una vida útil de 4 a 6 años. La mayoría de los fabricantes ofrecen garantía de 4 años en los plásticos. Esta solo incluye defectos en manufactura, pero no incluye daños causados por vientos o granizos (Phelps, 2014). Se debe reparar, reinstalar o reemplazar cualquier pieza o sistema defectuoso de la estructura. De encontrar huecos, roturas o rasgaduras en la cubierta esta debe atenderse de forma inmediata. Existen cintas adhesivas incoloras para reparación de plásticos y convenientemente se consiguen de diferentes tamaños en cuanto al ancho y largo que permiten establecer parchos. Estas cintas, por lo general, vienen con tratamiento para los rayos ultravioletas lo que las hacen aptas para usar en el exterior. Se recomienda pegar la cinta adhesiva tanto en el exterior como en el interior de la rotura observando que la superficie del plástico este limpia de residuos de tierra y polvo para mejorar su desempeño. La reparación inmediata de roturas ayuda a evitar que los daños sean mayores, lo que se traduce en aumentar la vida útil de la cubierta. Se debe tener cuidado con el uso de químicos para la limpieza y mantenimiento de la cubierta pues estos se pueden ver afectados. Se debe revisar las especificaciones del fabricante de la cubierta para el mantenimiento.

## Consideraciones del sistema de riego

Para realizar un trabajo adecuado en la selección del sistema, hay que considerar cuidadosamente el ambiente donde se va a instalar, así como las capacidades y limitaciones. Para la selección del sistema se debe tener en cuenta el tipo de cultivo, la profundidad de las raíces, el consumo de agua, las características del suelo, la textura, profundidad, desagüe interno, retención de agua del medio de siembra y la velocidad de infiltración. Además, hay que conocer el abasto de agua, la fuente, cantidad disponible, confiabilidad, calidad y hacer un análisis químico. Por otro lado, debemos conocer la disponibilidad y confiabilidad de la energía y la tecnología disponible, así como el nivel de conocimiento y especialización de la mano de obra.

Las plantas exigen grandes cantidades de agua para su desarrollo. Dependiendo de la especie, entre el 80 a 90% del peso de una planta es agua. El agua es la encargada de transportar los nutrientes y otras sustancias complejas en la planta y es el reactivo principal en muchos procesos fisiológicos fundamentales. Los sistemas de riego deben ser diseñados y manejados para asistir al agricultor desde que se siembra la semilla hasta que se cosecha. La mayor parte del agua absorbida por las plantas a través del sistema radicular se evapora por las hojas mediante el proceso de transpiración. El proceso de transpiración está directamente relacionado con la temperatura del ambiente, la radiación solar y el viento para transportar el vapor de agua. La combinación en la pérdida de humedad de la superficie del suelo, del agua y de la copa de los árboles o evaporación, junto con la pérdida de agua por transpiración a través de la vegetación, se conoce como evapotranspiración. La evapotranspiración es directamente proporcional a la radiación neta, que es proporcional a la radiación solar. Se puede observar este efecto al observar la diferencia en evapotranspiración (alta) en un día soleado y la radiación impacta directamente las plantas, pero en el momento en que aparece una nube en el cielo y crea sombra sobre las plantas, inmediatamente se reduce la evapotranspiración.

La frecuencia de riego depende de muchos factores y puede variar de una (1) vez cada cinco a diez días durante la época de siembra y crecimiento de las plantas, hasta riegos diarios o cada dos días durante la época de crecimiento de frutos. Estudios realizados en el Servicio de Extensión de la Universidad de Minnesota indican que en el proceso de evapotranspiración hacia la atmósfera del túnel puede llegar al rango de 0.05 pulgadas (1.27 mm) a sobre 0.30 pulgadas (762 mm) de agua por día. (Wright et al., 2012). Sin embargo, se ha determinado que prácticamente todos los cultivos evapotranspiran alrededor de 0.20 pulgadas (5 mm) de agua, esto equivale a 1.4 pulgadas (35.56mm) de agua semanales por cuerda (Abruña et. al., 1992). En el Sur

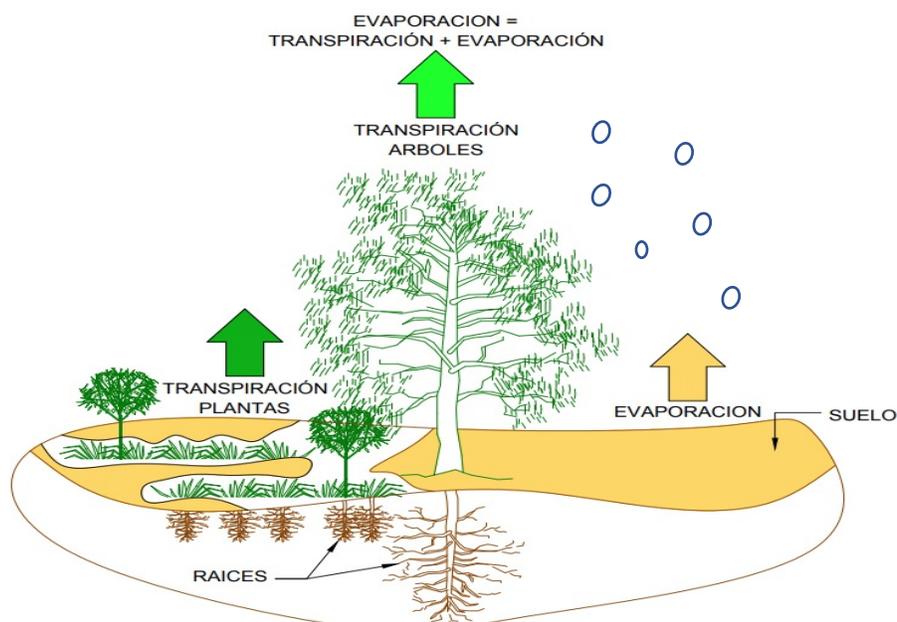


Figura 1.13. Evapotranspiración = evaporación y transpiración

de Puerto Rico, la evapotranspiración dentro de los túneles se también se estimó aproximadamente en 0.20 pulgadas (5.08 mm) de agua por día, basado en los datos del estudio de casas sombras realizado en la Estación Experimental Agrícola de Juana Díaz (Cabrera et al., 2019). Como parámetro de diseño para el sistema de riego dentro de los túneles, podemos utilizar 0.20 in/día (5.08mm/día) como la evapotranspiración diaria. El agua evapotranspirada es restituida por agua que entra nuevamente por las raíces de las plantas y en esta absorción se incorporan los minerales existentes en el suelo. Cuando la evapotranspiración es mayor a la absorción de agua por las raíces, se produce un déficit de agua en las plantas que se conoce como estrés hídrico. Este puede afectar el crecimiento de las plantas y, por tanto, afectar el rendimiento. Para disminuir el estrés hídrico, podemos bajar la temperatura ambiental, disminuir la intensidad de la radiación solar y manejar el movimiento de aire dentro del sistema de túneles, con el propósito de controlar la evapotranspiración. Para lidiar con esta situación, la contribución de agua al terreno es el método más eficiente para satisfacer las necesidades de agua de las plantas y esto se realiza mediante la utilización de sistemas de riego. Para operar un sistema de riego eficientemente y alcanzar los rendimientos esperados en el sistema de túnel, se debe realizar una evaluación diaria de la humedad del suelo en la zona de las raíces. La humedad que contiene el suelo pocas veces es la adecuada para el mejor desarrollo de las plantas. El agua disponible para las plantas es la diferencia entre la capacidad de campo y el punto de marchitez permanente del suelo a una profundidad dada. Cuando aplicamos agua al suelo, esta ocupa los espacios libres o poros del suelo, tanto los espacios grandes o macroporos como los pequeños o microporos, creando una película gruesa alrededor de las partículas. Esto se conoce como punto de saturación. Esto sucede inmediatamente después del efecto de una lluvia o riego abundante. Este estado no es conveniente, ya que las raíces no poseen aire suficiente para la respiración. En los microporos o espacios capilares es donde el agua es retenida por el suelo, moviéndose por estos espacios por capilaridad. Cuando el agua que ocupa los macroporos desciende por su propio peso debido a la gravedad y estos espacios son ocupados por aire, se conoce como el fenómeno de drenaje del suelo. Este exceso de agua que drena al subsuelo se conoce como agua gravitacional. Cuando el suelo pierde toda el agua gravitacional y tiene la cantidad máxima de agua que puede retener, se encuentra a capacidad de campo *field capacity* y es en ese momento que el agua está disponible para los cultivos. Cuando el suelo ha perdido la humedad por evapotranspiración y disminuye el espesor de la película de agua alrededor de las partículas aumentando su retención excesivamente hasta el punto de que no hay agua disponible para las plantas, se conoce como punto de marchitez permanente, *wilting point*, según se muestra en la Figura 1.14.

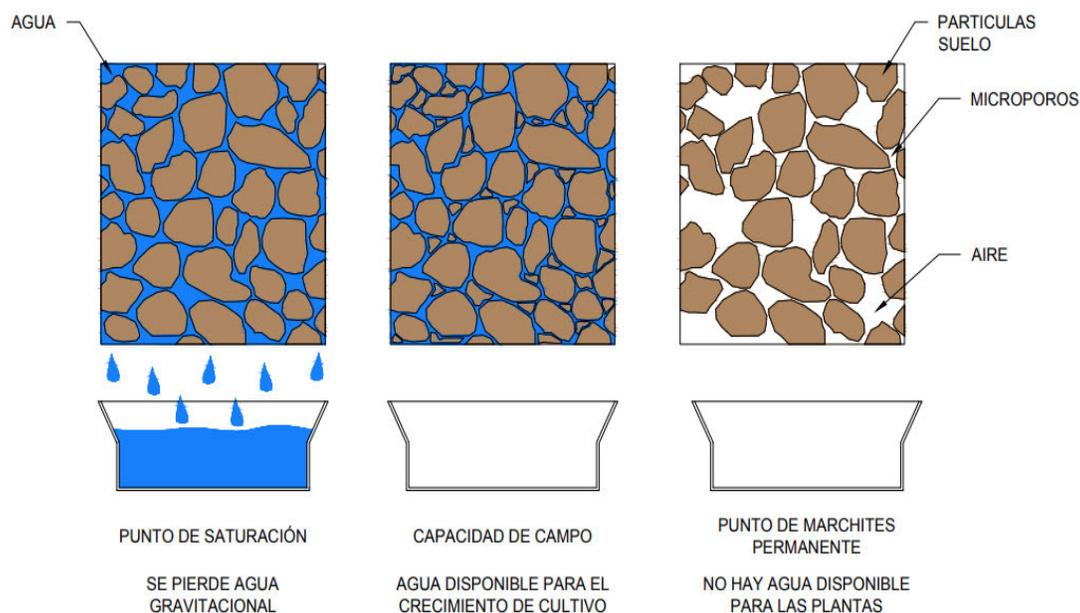


Figura 1.14. Muestras de punto de saturación, capacidad de campo y punto de marchitez permanente

El punto de marchitez se considera una constante del suelo y varía ligeramente con la habilidad de la planta de absorber agua. Los valores promedio son alrededor de 1% en suelos arenosos, 3-6% para lómicos y mayores de 10% para arcilla representando una tensión (presión) de agua de alrededor de 15 atmósferas (atm). (Hillel, 1982). Sin embargo, los valores del punto de marchitez según la literatura reciente son un poco más variables y mayores del 10%. Según se demuestra en el Cuadro 1.1, obtenida del libro de texto de *Soil and Water Conservation Engineering* (2013), el punto de marchitez para las arcillas puede estar alrededor del 28%.

Table 15.2 Representative Physical Properties of Soils for Selected Soil Textures

Soil Texture	Total Pore Space (% by volume)	Apparent Specific Gravity ( $A_g$ )	Field Capacity, $FC_v$ (% by volume)	Permanent Wilting $PWP_v$ (% by volume)	Available Water (mm/m)
Sandy loam	39 (37 to 40)	1.58 (1.56 to 1.59)	16 (11 to 22)	7 (3 to 12)	80 (50 to 110)
Sandy clay loam	41 (38 to 42)	1.57 (1.53 to 1.60)	26 (20 to 32)	16 (13 to 19)	100 (70 to 120)
Loam	42 (40 to 43)	1.55 (1.50 to 1.58)	25 (18 to 31)	12 (7 to 16)	130 (110 to 150)
Silt loam	43 (40 to 46)	1.52 (1.44 to 1.59)	29 (16 to 36)	11 (3 to 16)	180 (130 to 230)
Silt	40 (39 to 42)	1.58 (1.55 to 1.61)	29 (25 to 32)	6 (4 to 8)	230 (210 to 250)
Silty clay loam	47 (45 to 50)	1.40 (1.33 to 1.47)	37 (34 to 40)	20 (17 to 22)	180 (160 to 200)
Clay loam	44 (42 to 47)	1.47 (1.41 to 1.53)	34 (30 to 37)	20 (17 to 22)	140 (130 to 160)
Clay	49 (44 to 56)	1.35 (1.19 to 1.44)	42 (36 to 47)	28 (23 to 33)	140 (130 to 150)

Note: Numbers are rounded; normal ranges are shown in parentheses.  
Source: Saxton (2005).

Cuadro 1.1. Representación de propiedades físicas del suelo para texturas de suelo seleccionadas (Huffman et al, 2013)

En este caso, la tensión de humedad es la fuerza con la cual esta retenida el agua a las partículas de suelo. Cuando aumenta la tensión, disminuye el espesor de la película de agua y es más difícil extraer el agua. La medida de tensión de humedad es en bares, lo que equivale a una presión negativa o tensión. También se mide en atmósfera o en cm de agua donde 1 atm equivale a 1,033.227 cm en una columna de agua o  $1\text{kg/cm}^2$ . El intervalo comprendido entre la capacidad de campo ( $0.33\text{ atm} = 0.33\text{ bar} = 340.9\text{ cm de agua}$ ) y el punto de marchitez permanente ( $15\text{ atm} = 15\text{ bar} = 15498.4\text{ cm de agua}$ ) se conoce como agua disponible. Luego del punto de marchitez, el agua simplemente no está accesible a las plantas. En la siguiente gráfica se muestra la tensión e intervalos para las diferentes clasificaciones de aguas del suelo (Figura 1.15).

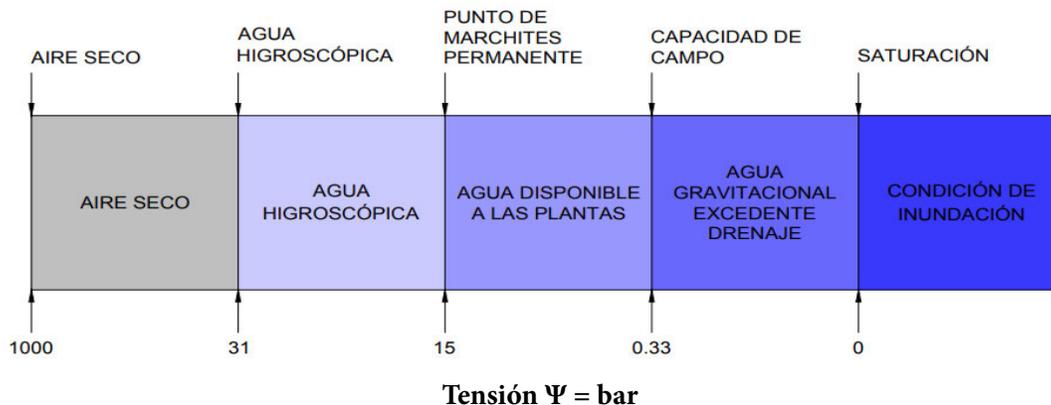


Figura 1.15. Estatus de humedad del suelo como función de la tensión

La experiencia evidencia que se deberá aplicar riego cuando las pérdidas por evapotranspiración sobrepasan los 0.33 bares de tensión o, como máximo, a la mitad del agua disponible en el suelo. En otras palabras, antes de que las plantas sufran por estrés hídrico y obligatorio antes de que la humedad del suelo alcance el punto de marchitez permanente. Como dijimos anteriormente, la cantidad de agua a aplicar a través de los sistemas de riego debe ser programada y basada en la relación de humedad del suelo y la evapotranspiración de las plantas para sustituir el agua. El monitoreo de la humedad del suelo debe realizarse al menos cada dos días, de no poder diariamente, con el propósito de poder tomar decisiones para el riego. En el mercado existen varios equipos o herramientas para medir la humedad del suelo y, de esta forma, obtener los datos necesarios para establecer el programa de riego. Estas incluyen sondas para suelo, *soil probe*, sensores de humedad del suelo, tensiómetros y sistemas que estiman el uso del agua por las plantas.

Las sondas o *moisture probes* portátiles son el instrumento utilizado comúnmente para medir los niveles de humedad del suelo en fincas a campo abierto, según se muestra en la Figura 1.16. Las muestras se toman a diferentes profundidades y se hace una lectura directamente de la gráfica o pantalla digital del instrumento y luego podemos seguir las recomendaciones del fabricante del equipo para calcular la humedad del suelo.

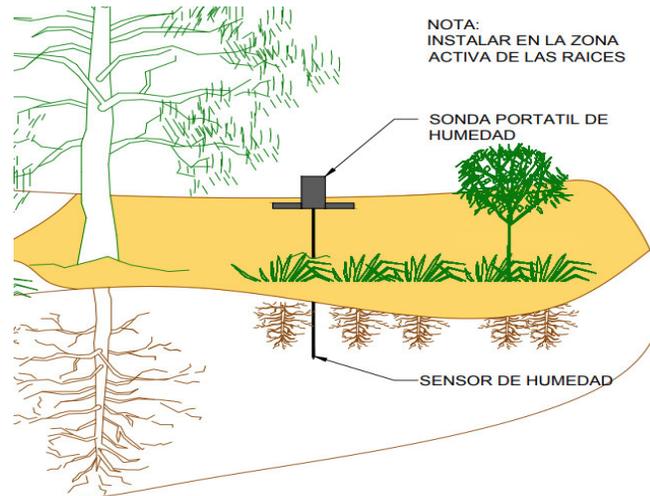


Figura 1.16. Sonda portátil para medir la humedad del suelo. Note que el sensor de humedad se ubica a la profundidad de la zona activa de las raíces.

Existen varios diseños de sensores de humedad en el mercado que miden la tensión del agua en el suelo y la resistencia eléctrica para estimar la cantidad de agua disponible en el suelo. Este sistema consiste en dos electrodos encapsulados en un bloque de material poroso, por lo general en yeso o fibra de vidrio, que están conectados por cables aislados hasta llegar a la superficie del suelo. Estos cables están conectados a un medidor de resistencia que contiene una fuente de voltaje para realizar las lecturas de humedad en el suelo. Debido al tamaño de los poros y el material usado en los bloques para medir la resistencia eléctrica, el contenido de humedad y la resistencia eléctrica del bloque no afecta dramáticamente la lectura a succiones menores de 50cb. Por lo tanto, estos sistemas se recomiendan para suelos con textura fina como los suelos lómicos o arcillosos y no se recomiendan para terrenos arenosos (Evans, 1996). La escala de lectura puede variar de 0 a 200. Lecturas altas en la escala corresponde a baja resistencia eléctrica lo que indica altos niveles de humedad, mientras que bajas lecturas en el metro indica bajos niveles de humedad. En la Figura 1.17 se muestra un ejemplo para la instalación de un metro de humedad con sus sensores. Los sensores deben colocarse a diversos niveles de profundidad del suelo, según la profundidad de las raíces, con el propósito de obtener un mayor conocimiento del estado de humedad en la zona radicular. Para conocer el funcionamiento de estos productos, debe consultar los manuales del fabricante y/o solicitar asesoría del Agente Agrícola de su municipio.

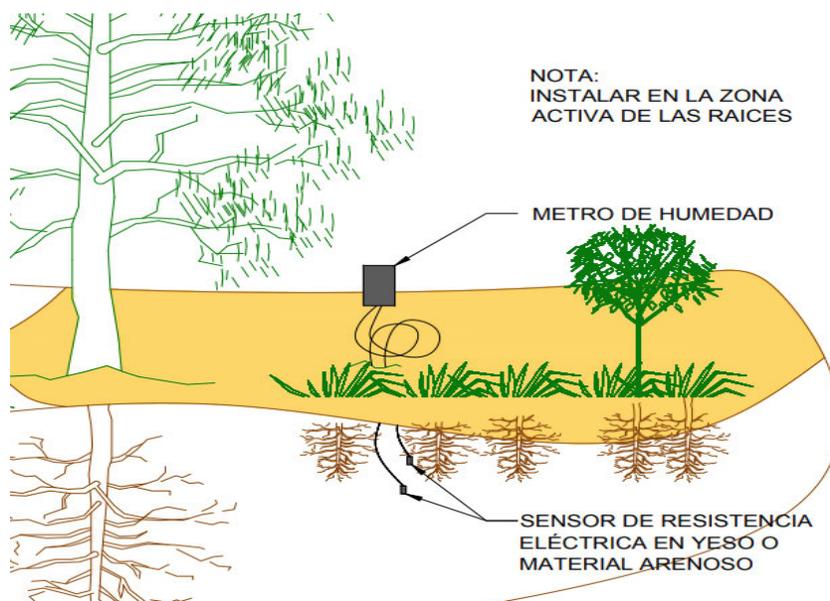


Figura 1.17. Metro de humedad del suelo. Note que los sensores de resistencia eléctrica se ubican a la profundidad de la zona activa de las raíces.

Los tensiómetros son aparatos económicos y de alta confiabilidad que miden la tensión o fuerza real que han de realizar las raíces para absorber el agua del terreno. El tensiómetro se compone de una cápsula de cerámica porosa llena de agua, que se entierra en el suelo a la profundidad de medición deseada. La fuerza de succión en la cápsula de cerámica porosa es transmitida a través de la columna de agua dentro del tubo y visualizada como lectura de tensión en el manómetro de vacío o *vacuum gage*. Esta tensión en la cápsula de cerámica se debe a las fuerzas de cohesión entre las moléculas de agua adyacente a esta. La fuerza de tensión suelo-agua es comúnmente expresada en unidades de bares o centibares. Un bar es igual a 100 centibares (cb). La lectura del tensiómetro va de 0 a 100cb. Según la tensión se aproxima a 0.8 bar (80cb), la fuerza de cohesión es excedida por la succión y las moléculas de agua se separan, el aire entra en la columna de agua y el tensiómetro no funciona bien. A esta condición se le conoce como fuerza de tensión rota o *braking tension*. Por lo tanto, los tensiómetros trabajan en el rango de 0 a 80cb. La cantidad de agua disponible para las plantas se encuentra en el rango entre de 33cb a 15 bares.

En la Figura 1.18 se muestra un ejemplo de instalación de dos tensiómetros a diferentes profundidades con el propósito de monitorear la humedad en la zona activa de las raíces. A la derecha se muestran los rangos de valores y los diferentes rangos de humedad del suelo. Esto se puede utilizar para establecer itinerarios de riego.

Los valores se traducen de:

- 0 a 10cb.- saturación del suelo
- 10 a 20cb.- capacidad de campo
- 20 a 60cb.- agua útil para las plantas
- más de 60cb.- falta de agua

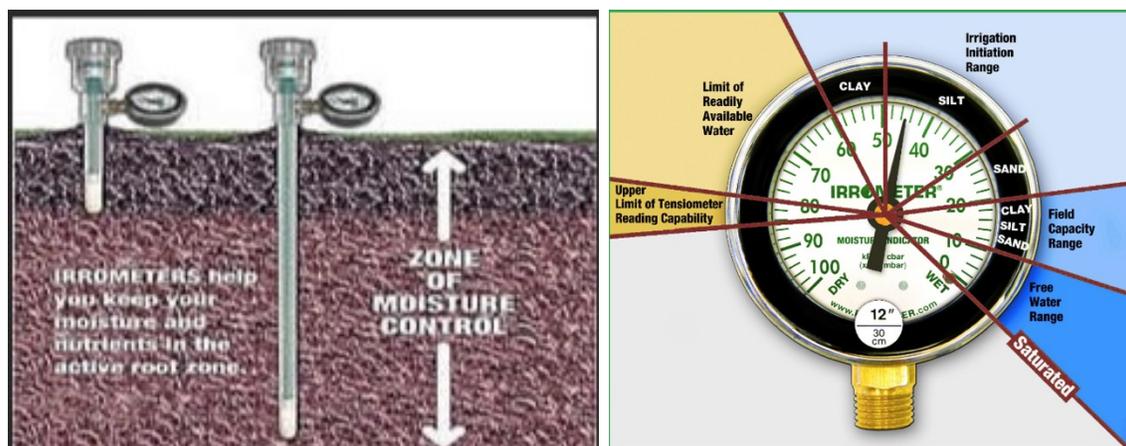


Figura 1.18. Ubicación de tensiómetros e interpretación de lecturas de un tensiómetro (Irrrometer, s.f.)

La decisión de regar se debe tomar en función del contenido de humedad del suelo y/o del aspecto que presenta la planta.

Los sistemas de riego en los túneles persiguen aplicar la cantidad de agua necesaria por las plantas. Para el ahorro de esta, crea la posibilidad de utilizar fuentes de agua limitados y permite automatizar el sistema de forma tal que se reduce la mano de obra. En los túneles, los sistemas de riego suelen ser muy variados ya que dependen de la naturaleza del terreno, las exigencias de las plantas, las técnicas de cultivo, el costo y pericia de la mano de obra para la instalación y la posibilidad de automatización.

Podemos dividir los sistemas de riego en dos grandes grupos: riego por aspersión y riego por goteo:

### El riego por aspersión

La mayoría de los cultivos se pueden regar con algún tipo de sistema de aspersión. Para esto se debe tener en consideración las características del cultivo, especialmente la altura. En este sistema se aplica el agua en forma de llovizna o lluvia artificial. Esta puede realizarse con alta o baja presión. En alta presión se utiliza una lluvia rápida de largo alcance y en baja presión se utiliza una lluvia lenta y poco alcance en el chorro de aplicación. El sistema se compone de:

- Fuente de agua.– Puede ser un pozo profundo, río, quebrada, manantial o alguna fuente confiable de abasto.
- Sistema de bombeo y regulador de presión.– Debe proporcionar la presión y caudal de agua necesario.
- Sistema de distribución de agua.– Es formado, generalmente, por tubería PVC de diferentes calibres y diámetros que constituyen la tubería principal (que conduce el agua a presión), tuberías secundarias y terciarias donde se instalan las boquillas y/o aspersores.
- Aspersores.– Estos distribuyen el agua de variadas formas como a chorro, abanico, etc. Son fijos o rotativos, con ángulos de aplicación variables y posicionados sobre o bajo las plantas. Los aspersores aplican un caudal de agua que varía desde  $17 \text{ ft}^3/\text{h} = 0.5 \text{ m}^3/\text{h}$  hasta  $265 \text{ ft}^3/\text{h} = 7.5 \text{ m}^3/\text{h}$  a una presión de  $15 \text{ psi} = 1 \text{ kg/cm}^2$  a  $50 \text{ psi} = 3.5 \text{ kg/cm}^2$ .
- Micro aspersores.– Son emisores de agua giratorios que se mueven por la presión ejercida por el agua en el micro emisor. Propagan el agua mediante pulverización del agua a través del aire por un mecanismo de giro. Su alcance no sobrepasa los 18 pies o 6 m.
- Válvulas antidescargas.– Son instaladas en sistemas elevados o aéreos y evitan el gotereo al finalizar el riego.

Las ventajas de este sistema son:

- No hay movimiento excesivo del terreno.
- En el diseño e instalación se puede conseguir buena uniformidad en la aplicación y distribución del agua.
- Permite la automatización del sistema utilizando controladores o sistemas computarizados.
- Permite la aplicación de fertilizantes a través del sistema de riego (fertirrigación).
- Puede disminuir los factores ambientales como la temperatura y añade humedad al ambiente.

Las desventajas del sistema son:

- Puede haber grandes pérdidas de agua por evaporación en sistemas de aspersión con nebulizadores y vientos severos.
- Tiene un alto costo de instalación.
- Tiene necesidad de un sistema energético para operar.
- La combinación de humedad y calor puede favorecer el desarrollo de hongos.

### El riego por goteo o micro irrigación

Proporciona a la planta el agua en caudales pequeños, pero con mayor frecuencia, manteniendo de esta manera un grado de humedad óptimo para los cultivos. Estos sistemas distribuyen los flujos de agua a una velocidad lenta y de manera uniforme y el agua se mantiene fluyendo hacia el área del cultivo durante casi todo el día durante los periodos de más uso. Son más utilizados en cultivos dispuestos en hileras y

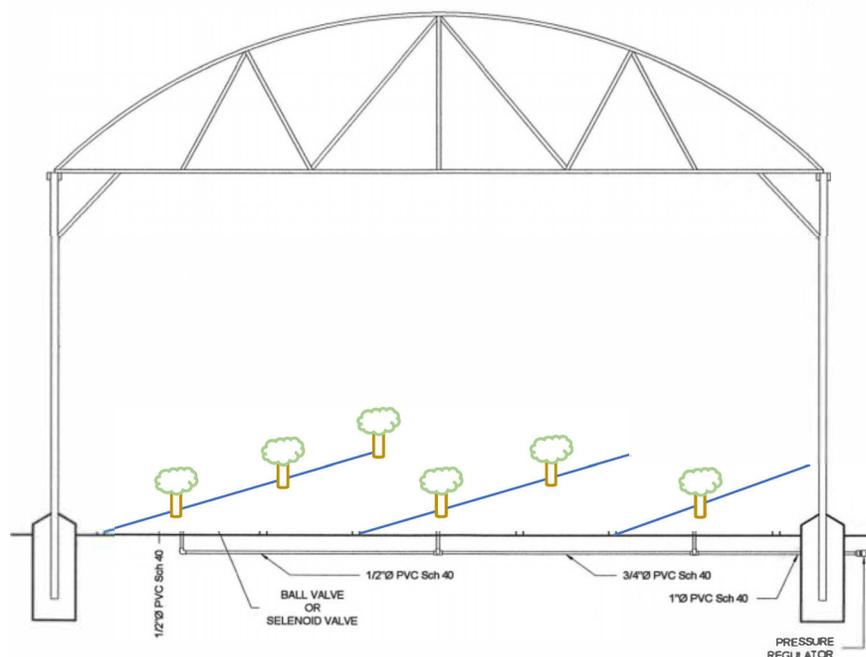


Figura 1.19. Ejemplo de la distribución del sistema de riego localizado o por goteo dentro de un sistema de túnel para cultivos

es conveniente para casi todos los tipos de suelos. Puede existir la posibilidad de almacenar agua para su utilización durante los periodos de uso más largos. Las limitaciones para este tipo de sistemas puede ser su alto costo inicial y la utilización de sistemas de filtración especializados para la remoción de contaminantes orgánicos e inorgánicos. Además, podría requerir el tratamiento químico del agua para controlar la actividad biológica, ajustar el pH o evitar la precipitación química que podría obstruir los emisores. El diseño y cuidado adecuado del sistema para el tratamiento del agua es vital para el uso exitoso del riego por goteo. Este sistema es adecuado para regar los cultivos dentro de los sistemas de túneles para cultivos. En la Figura 1.19 hacemos referencia a una nave o túnel para la siembra de plantas y un croquis para la posible distribución e instalación de un sistema de riego por goteo.

Los sistemas de riego por goteo se pueden clasificar de acuerdo con la forma de emisión del agua:

- **Goteros.**– Son emisores que distribuyen el agua lenta y directamente al suelo. Estos mantienen un área húmeda en la zona cercana a las raíces. Existe una gran variedad de ellos en el mercado y suelen encontrarse auto compensados, con flujo laminar o turbulento con orificio tipo *vortex*, etc. Estos proporcionan un caudal que varía de 0.5gal/h = 0.001 m<sup>3</sup>/h hasta 2 gal/h = 0.007 m<sup>3</sup>/h con una presión que varía de 15 psi = 1.05 kg/cm<sup>2</sup> hasta 25 psi = 1.8 kg/cm<sup>2</sup>.
- **Difusores.**– Son emisores fijos que pulverizan el agua mediante el uso de alta presión después de chocar con un deflector fijo; manteniendo así un área húmeda y distribuyendo el agua de manera homogénea.

Este sistema se compone de:

- **Fuente de agua.**– Puede ser un pozo profundo, río, quebrada, manantial o alguna fuente confiable de abasto.
- **Estación de bombeo.**– Es el conjunto de elementos que tiene como fin controlar el caudal y la presión del agua necesaria para circular por el sistema.
- **Caudal y presión.**– Estos se controlan mediante el uso de válvulas volumétricas o válvulas solenoides reguladas por tiempo y reguladores de presión.

### Sistemas de filtración

El filtro es crucial para el éxito del sistema de riego. Existen dos tipos de filtros: el **filtro por gravedad** y los **filtros por presión**. Ambos tipos de filtros se encargan de controlar o eliminar sólidos o partículas en el agua de riego para evitar que se obstruyan los emisores. Sin embargo, la filtración por gravedad (charcas, reservas de agua o tazas de asentamiento) no son confiables si permiten la entrada de contaminantes que el viento puede acarrear y al crecimiento y desarrollo de microorganismos. El caudal del agua y la fuente de abasto de esta nos indica el tamaño y tipo de filtro respectivamente. Estos se sitúan antes y después del equipo de fertilización. El filtro a presión utilizado luego del sistema de fertilización debe ser de algún material resistente a la corrosión.

Dentro de los filtros de presión podemos encontrar tres tipos: filtros de malla y discos, filtros de arena y filtros centrífugos. Es común diseñar e instalar una combinación de filtros para que estos funcionen con efectividad.

**Filtro de malla.**– En la Figura 1.20 se muestra un filtro de malla sencillo compuesto por un tamiz o cedazo de metal, plástico o tela sintética encerrado en una envoltura especial. Los tamices se clasifican según el número de cuadriláteros por pulgada, con un calibre fijo de alambre para cada tamaño de cedazo. Ejemplo: el cedazo de malla 200 el cuadrilátero fijo es de 75 micrómetros (µm). El número de malla aumenta según se achican los cuadriláteros. La mayoría de los fabricantes recomiendan cedazos de 150 a 75 µm (malla 100

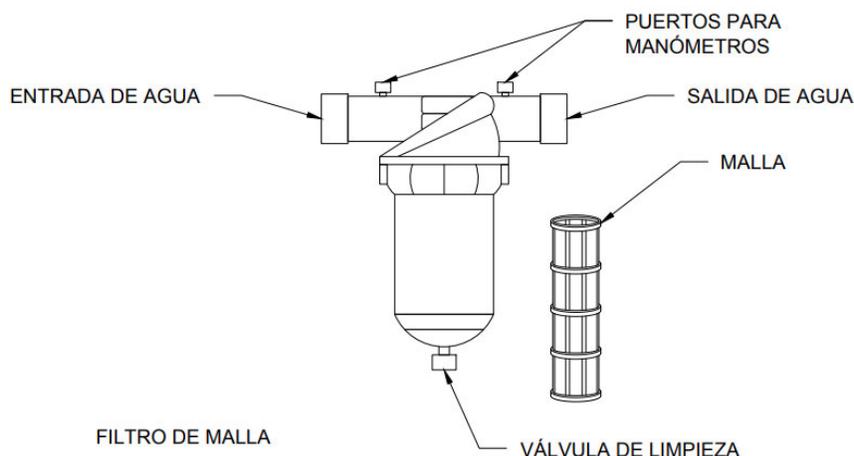


Figura 1.20. Filtro de malla con tamiz utilizado en los sistemas de riego por goteo

a 200) para los goteros. Estos tamices deben inspeccionarse periódicamente para verificar que no existan agujeros pequeños. Estos filtros deben lavarse cuando los medidores de presión entre la entrada y salida de estos sea mayor de 5 psi (libras por pulgada cuadrada). Los filtros automáticos utilizan un interruptor de diferencial de presión para detectar el cambio de presión y activar la limpieza de estos.

**Filtro de anilla.**– En la Figura 1.21 se presenta un filtro de anillas o disco con limpieza automatizada. Este filtro es una modalidad del filtro de malla. El mismo consiste en distintas anillas, prensadas dentro de una envoltura especial. Las anillas tienen unos canales en la superficie por los cuales pasa el agua para llevar a cabo la filtración atrapando las partículas. (Rivera & Goyal, 1990). La operación, mantenimiento y limpieza es similar al filtro de malla.

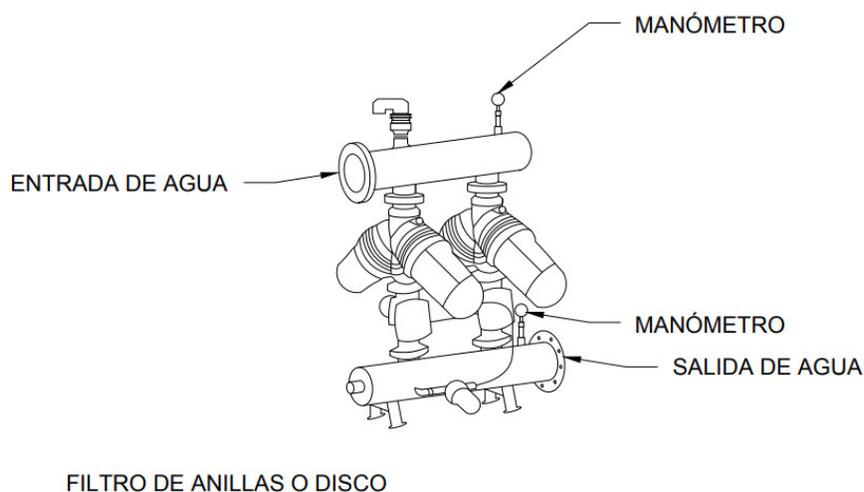
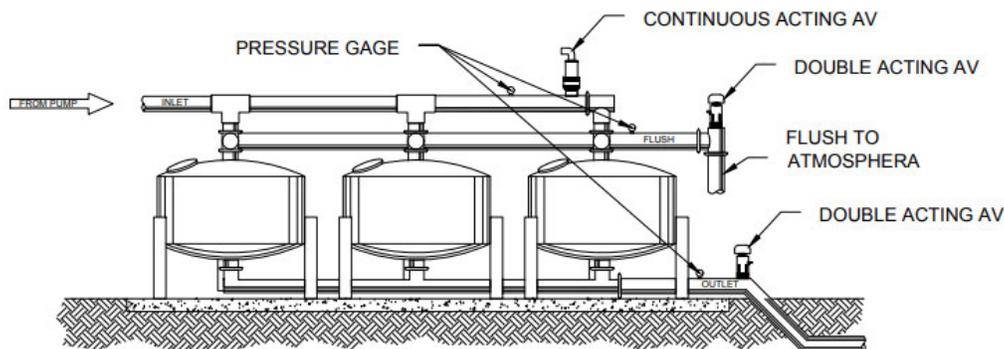


Figura 1.21. Filtro de anillas o disco, utilizado para filtrar compuestos inorgánicos

**Filtro de arena.**– En la Figura 1.22 se presenta este tipo de filtro. El mismo consiste en grava fina y arena de tamaño escogido y colocada en tanques sobre comprimidos. Estos filtros no se obstruyen fácilmente y pueden separar grandes cantidades de sólidos suspendidos, antes de requerir limpieza. Estos pueden retener partículas de 25 a 100  $\mu\text{m}$ . Como regla general, la razón de flujo a través del filtro no debe exceder de 14 litros/seg/ $\text{m}^2 = 20\text{gal}/\text{min}/\text{ft}^2$  de filtración por área superficial y el espesor del medio de filtración debe ser por lo menos de 50 cm = 18 pulgadas de profundidad. Estos filtros deben estar seguidos por filtros secundarios de malla o anilla. (Rivera & Goyal, 1990) Los filtros de arena se recomiendan cuando la fuente da agua son

lagos, ríos, quebradas, canales de riego, en otras palabras, cuando sean fuentes de agua superficiales. Un problema recurrente con estos sistemas es el crecimiento de bacterias y la química del agua que pueden causar la cementación de la arena. Esta cementación puede causar la aparición de canales en la arena, que pueden permitir el paso de agua sin filtrar adecuadamente hasta el sistema de riego. Una vez se tiene esta situación, la mejor forma de corregir el problema es por medio de la inyección de cloro o cloración.



### AUTOMATIC MEDIA FILTER

NOT TO SCALE

Figura 1.22. Filtro de arena

Debemos asegurarnos de que el sistema tenga un par de medidores de presión (manómetros) uno debe estar localizado antes de los filtros y otro colocado después de los filtros y hacer inspección diaria de estos instrumentos. El propósito es asegurar que el sistema está funcionando adecuadamente. Si el medidor de presión indica una lectura de presión baja puede significar una fuga en el sistema o un tubo roto. Una diferencia de presión entre la entrada y salida de los filtros puede indicar que los filtros no están limpios y necesitan limpieza.

**Hidrociclónico o centrífugo.**– En la Figura 1.23 se puede observar un esquemático de un filtro centrífugo. Estos son dispositivos simples estáticos y capaces de eliminar partículas pesadas en suspensión que tienen

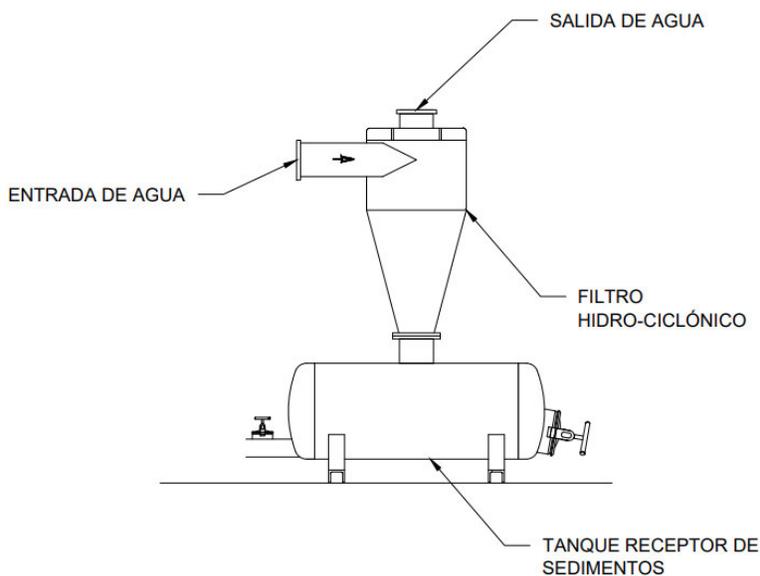


Figura 1.23. Filtro centrífugo o hidro ciclónico, utilizado para la remoción de sólidos inorgánicos

una gravedad específica mayor que el agua. Son ineficientes para separar la mayoría de los sólidos orgánicos. Estos requieren poco mantenimiento, pero requieren lavados frecuentes. Se pueden distinguir fácilmente pues son de forma cónica con el área mayor en la parte superior. El agua entra por la parte superior lateral y las partículas en suspensión, por la fuerza centrífuga, ocupan la periferia y descienden por gravedad hasta el fondo, donde hay una salida de sedimentos, mientras que el agua limpia sube y sale por el centro de la parte superior del filtro. El sedimento del tanque receptor se puede sacar del filtro manual o automáticamente.

Los sistemas de riego son utilizados para la aplicación de fertilizantes y plaguicidas lo que puede llevar a reducir los costos de aplicación y reducir la cantidad de estos químicos a aplicar. Además, los sistemas de riego en los túneles se prestan para la automatización de estos y operar los sistemas de riego con muy poca mano de obra. Sin embargo, estos sistemas requieren una mano de obra capacitada y especializada, lo que no siempre está disponible.

Para la asesoría, planificación y diseño preliminar de los sistemas de riego, puede consultar con un ingeniero con licencia para ejercer la profesión en Puerto Rico, el personal de NRCS o el o la Agente Agrícola del municipio donde ubicará el sistema.

## Referencias

- Abruña, F. et. al. (1992). *Conjunto tecnológico para la producción de solanáceas: tomate, pimiento, berenjena*. Universidad de Puerto Rico, Recinto de Mayagüez, Colegio de Ciencias Agrícolas, Estación Experimental Agrícola.
- Ahmad, P., Rasool, S. (Eds.). (2014). *Emerging Technologies and Management of Crop Stress Tolerance: Vol. 2. A Sustainable Approach*. Academic Press.
- Allen R., Pereira, L., Raes, D., & Smith, M. (2006). Evapotranspiración del cultivo: Guías para la determinación de los requerimientos de agua de los cultivos. En *Estudio FAO Riego y Drenaje* (págs. 41-45). Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación. <http://www.fao.org/3/x0490s/x0490s00.htm>
- Cabrera I., Harmsen, E., & Vélez, A. (2019). The Effect of Shade Houses on the Insect Pests and Yield of Three Important Plant Crops in Puerto Rico: Pepper, *Capsicum annuum* (Solanaceae), Watermelon, *Citrullus lanatus* (Cucurbitaceae), and Cabbage, *Brassica oleracea* (Brassicaceae). *Life: The Excitement of Biology* 7(1), 5-21.
- Espí, E., Salmerón, A., Fontecha, A., García, Y., & Real, I. (2006). Plastic Films for Agricultural Applications. *Journal of Plastic Film and Sheeting*, 22(2), 85-102. <https://doi.org/10.1177/8756087906064220>
- Evans, R., Cassel, D., & Sneed, R.E. (1<sup>ro</sup> junio, 1996). *Measuring Soil Water For Irrigation, Scheduling: Monitoring Methods and Devices*. North Carolina State Extension Publications. <https://content.ces.ncsu.edu/measuring-soil-water-for-irrigation-scheduling>
- Farkas, I., Weihs, P., Biró, A., Laube, W., Eitzinger, J., & Wójcicka, A. (2001). Modelling of Radiative PAR transfer in a tunnel greenhouse. *Mathematics and Computers in Simulation*, 56(4-5), 357-368. [https://doi.org/10.1016/S0378-4754\(01\)00307-X](https://doi.org/10.1016/S0378-4754(01)00307-X)
- Gasse, A. (April 24, 2017). The Influence of Lighting Design On Plant Growth. *Zondits*. <https://zondits.com/article/14112/influence-lighting-design-on-plant-growth>
- Gracian, A. (s.f.). *Photosynthetically Active Radiation* [Gráfica]. Albopepper. <https://albopepper.com/PAR-light-spectral-quality-in-horticulture.php>
- Hillel, D. (1982). *Introduction to Soil Physics*. Academic Press.
- Huffman, R., Fangmeier, D., Elliot, W., & Workman, S. (2013). *Soil and Water Conservation Engineering* (7.<sup>a</sup> ed.). American Society of Agricultural and Biological Engineers.
- Irrrometer. (s.f.). *Soil water management products* [Catálogo]. <https://pdf.agriexpo.online/pdf/irrometer-company-inc/irrometer/173593-6525.html>
- Juárez López, P., Bugarín Montoya, R., Castro Brindis, R., Sánchez-Monteón, A.L., Cruz-Crespo, E., Juárez Rosete, C.R., Santiago, G.A., & Balois Morales, R. (2011). Estructuras utilizadas en la agricultura protegida. *Revista Fuente*, 3(8), 21-27. <http://fuente.uan.edu.mx/publicaciones/03-08/4.pdf>
- Mahbub, A., Rogers, D.H. (1997). *Tensiometer use in scheduling irrigation*. Irrigation management series (L-796). Kansas State University, Agricultural Experiment Station and Cooperative Extension Service. <https://s3.wp.wsu.edu/uploads/sites/2166/2018/01/Tensiometer-Use-in-Scheduling-Irrigation.pdf>

- Nisen, A. (1965). Construction, Orientation et forme des serres. *Acta Horticulturae*, 2, 7-15. <https://doi.org/10.17660/ActaHortic.1965.2.2>
- Phelps, D. (2014). *Growing Under Cover: A Guide to Polyunnel Options for Kansas Growers*. Kansas Rural Center. <https://kansasruralcenter.org/growing-under-cover/>
- Rivera Martínez, L.E., Goyal, M.R. (1990). Sistemas de filtración. En M.R. Goyal, *Manejo de riego por goteo* (págs. 207-239). Servicio de Extensión Agrícola.
- Rivera Martínez, L.E., Goyal, M.R., & Crespo, M. (1990). Métodos de medir humedad del suelo. En M.R. Goyal, *Manejo de Riego por Goteo* (págs. 41-53). Servicio de Extensión Agrícola.
- Rojas, R. (1984). *Drenaje superficial en tierras agrícolas*. CIDIAT.
- Santiago. (Agosto 28, 2007). Puerto Rico: clima y vegetación. *La guía 2000*. <https://geografia.laguia2000.com/climatologia/puerto-rico-clima-y-vegetacion>
- Thorton, J. (2002). *Environmental Impacts of Polyvinyl Chloride Building Materials* [Report]. Healthy Building Network. <https://healthybuilding.net/reports/17-environmental-impacts-of-polyvinyl-chloride-building-materials>
- US Geological Survey. (2011). *Superficie de municipios y elevaciones mínimas, máximas y promedios: Censo Federal*. Oficina de Gerencia y Presupuesto.
- Wright, J., Wildung, D., & Nennich, T. (2012). Irrigation Considerations and Soil Moisture Monitoring Tools. En T. Nennich, S. Wold-Burkness (Eds.) *Minnesota High Tunnel Production Manual for Commercial Growers* (págs. 42-51). Regents of the University of Minnesota.

2.0

# Manejo del suelo en sistemas de túneles para cultivos

---

Dr. Daniel A. Bair

## 2.0 Manejo del suelo en sistemas de túneles para cultivos

Dr. Daniel A. Bair

### Introducción

El buen manejo del suelo en los sistemas de túneles para cultivos o *high tunnels* provee un sinnúmero de beneficios para el crecimiento óptimo de los cultivos allí sembrados. Un suelo con buen manejo permite:

- un ambiente en el que las raíces de las plantas crecen libremente,
- la interacción beneficiosa entre las plantas y los microorganismos del suelo,
- la presencia y disponibilidad de nutrientes en cantidades suficientes para el crecimiento saludable de las plantas,
- la eliminación de los efectos negativos en el rendimiento o la calidad del cultivo debido a patógenos, semillas de maleza e insectos (Biernbaum, 2013).

### Preparación

Para aprovechar al máximo la inversión en un túnel para cultivo, se debe preparar el suelo para la producción intensiva de cultivos. La falta de preparación del suelo adecuada puede limitar el éxito del proyecto.

En primer lugar, antes de construir el túnel para cultivo, es necesario realizar un análisis del suelo y aumentar el contenido de materia orgánica del mismo. El usar cobertoras, compostas u otras enmiendas orgánicas aumentará el contenido de materia orgánica y la fertilidad del suelo.

Al construir el túnel para cultivo, la capa superficial del suelo no se debe eliminar, es aquí donde está la mayor concentración de nutrientes esenciales para el crecimiento de las plantas y donde se encuentra la mayor cantidad de materia orgánica. Si por alguna razón se tuviese que remover la capa superficial, por ejemplo para nivelar el área, esta capa se debe reponer al terminar este trabajo.

### Composta

La aplicación de una composta es una práctica sustentable que tiene varios beneficios químicos, biológicos y físicos para el suelo. Es una de varias formas de preparar el suelo y consiste en enmendar el mismo con una composta madura. Es importante recordar que en una producción agrícola, la composta se debe aplicar correctamente en conjunto con otras prácticas sustentables de manejo.

Una composta madura es estable, no se recalienta al ser humedecida, tiene buen olor a tierra y no se puede reconocer el material orgánico del cual proviene. La composta se puede comprar de un distribuidor local o se puede hacer en escala más pequeña en la finca. La composta se hace al mezclar 2 porciones de materiales marrones con una porción de material verde que proveerá una concentración C:N cerca de 30:1 (Cuadro 2.1). El material mezclado se deja en un montón y se mantiene húmedo, pero no mojado, y cada 3 o 4 días se le da vuelta y mezcla de nuevo para introducir oxígeno a la composta.

Material	Proporción de C:N	Categoría
Madera, aserrín, virutas de madera	>500:1	Marrón
Papel de desecho	200:1	
Papel de periódico	170:1	
Estiércol de ganado	90:1	
Paja de trigo	80:1	
Hojas	60:1	
Tallos de maíz	60:1	
	<b>30:1</b>	Mezcla ideal para compostar
Recortes de frutas y vegetales	25:1	Verde
Estiércol de granja podrido	20:1	
Café molido	20:1	
Paja de alfalfa	18:1	
Recortes de césped	17:1	
Restos orgánicos de cocina	15:1	
Compostas maduras	10:1	
Gallinaza	8:1	
Biosólidos	7:1	

Cuadro 2.1. Proporciones de carbono a nitrógeno (C:N) de varios materiales orgánicos

La calidad y las características nutritivas de una composta pueden variar mucho; esto es un factor muy importante que considerar a la hora de seleccionar y aplicar una composta. Para esto, un análisis de nutrientes en la composta ayudará a identificar la tasa de aplicación al suelo.

Hay dos tipos de análisis de nutrientes en la composta: el análisis total y el extracto de sustrato saturado con agua (*water-based saturated media extraction* o SME). El análisis total es igual al análisis de hoja de planta donde se determina el contenido total de minerales. El análisis SME extrae los nutrientes solubles o lo que se reconoce como “disponibles” para la planta. Los dos análisis son importantes para caracterizar la composta, los nutrientes que están disponibles al aplicar la composta y los nutrientes que van a estar disponibles al descomponerse. Otros factores importantes que considerar son la fuente del sustrato (planta o estiércol), el tipo y el tiempo de procesamiento, las enmiendas y el método de almacenaje.

Las compostas a base de estiércoles contienen concentraciones disponibles de nitrógeno y fósforo mucho más altas que las compostas a base de material vegetativo. En sistemas de túneles para cultivos donde la lixiviación o movimiento de nutrientes es limitada, el uso de compostas a base de estiércoles se debe hacer con mucha precaución y en moderación para evitar la sobre fertilización y quema de las plantas. Estas compostas con estiércoles tendrían mejor uso como composta inicial para preparar el suelo y aumentar los niveles de nutrientes durante el desarrollo y construcción del túnel para cultivo.

### Plan de manejo de nutrientes

El manejo de nutrientes en el contexto de la agricultura sostenible incluye proporcionar nutrientes a los cultivos a las tasas que mejor se ajustan a sus requisitos de nutrientes en una forma nutricionalmente

equilibrada (proporciones de nutrientes), mientras se minimizan los costos económicos de una manera ambientalmente responsable.

El manejo de nutrientes se da en forma de fertilizantes inorgánicos, fuentes de nutrientes orgánicos o cualquier combinación de estos y, generalmente, se suministra cuando existe la probabilidad de un aumento del rendimiento o para satisfacer la eliminación de nutrientes en la porción cosechada y no cosechada. La respuesta del cultivo a la adición de nutrientes generalmente ocurre porque el cultivo no puede obtener del suelo un nutriente particular en cantidades suficientes.

Por lo tanto, un plan de manejo de nutrientes nos permite conocer qué nutrientes contiene el suelo y en qué cantidades para satisfacer las necesidades de los cultivos. Este plan de manejo de nutrientes consiste de los siguientes pasos: (1) muestreo de suelo y preparación de muestras, (2) extracción de nutrientes y análisis del extracto por un laboratorio y (3) interpretación del análisis y recomendación de tasa de nutrientes.

### **Muestreo de suelos**

El muestreo o pruebas de suelo son la base para el desarrollo de un programa objetivo de manejo de nutrientes. Estas pruebas sirven varios propósitos, entre estos:

- establecer una base inicial de nutrientes en el suelo, especialmente para agricultores y fincas nuevos,
- diagnosticar posibles factores limitantes del suelo y deficiencias de nutrientes, y
- evitar la aplicación excesiva de nutrientes y la posibilidad de acumulación de sales solubles.

Una muestra de suelo debe ser representativa del campo o área de interés. Se debe evitar el tomar muestras en áreas del campo donde las condiciones son diferentes al área en general (color de suelo, coloraciones anormales en las hojas, quemaduras en hojas, zonas de menor crecimiento o producción, entre otras). También, se debe evitar el muestreo en áreas fertilizadas recientemente, ya que esto influye significativamente en los resultados. Es importante registrar la información pertinente.

Para tomar la muestra del suelo se prefiere la sonda de suelo o la barrena para mantener la uniformidad de la muestra de suelo, pero la pala se puede usar en ausencia de estos instrumentos. Las áreas para muestrear deben tener similitudes en el manejo de nutrientes, en el tipo de suelo, en su pendiente y aspecto. El realizar un muestreo y análisis de suelo se recomienda cada tres años.

### ***Pasos para tomar una muestra de suelo\****

1. Describir y recopilar información del lugar.
2. Seleccionar el campo o área de muestreo.
3. Establecer una estrategia de muestreo (número de submuestras, identificación de áreas no representativas, identificación de campos a muestrear).
4. Marcar e identificar cada bolsa de muestreo (incluir solamente la información necesaria como finca, campo, fecha).
5. Seleccionar el primer punto de muestreo.
6. Eliminar residuos vegetativos o basura de la superficie.
7. Introducir la sonda en el suelo a la profundidad deseada (6 a 8 pulgadas, 15 a 20 cm).
8. Retirar la submuestra y transferirla a un balde de plástico, repitiendo con el número de submuestras deseadas (12-15 submuestras).
9. Mezclar las submuestras para hacer una muestra compuesta.
10. Transferir la tierra (aproximadamente media libra) del balde a una bolsa de plástico.
11. Conservar la muestra secándola o enviarla tal cual al laboratorio para su análisis dentro de 48 horas luego de la toma de muestras, evitando la exposición al calor extremo.

\*Modificado de Sotomayor, 2019a

El estricto cumplimiento de estas pautas ayudará a mejorar la precisión del muestreo de suelo y conducirá a mejores prácticas de manejo de nutrientes.

### ***Análisis del suelo***

Hay varios métodos que se utilizan para determinar las concentraciones de los nutrientes en el suelo. Cada método utiliza un extractante específico para liberar los nutrientes del suelo en una solución donde luego se cuantifican.

Las concentraciones de nutrientes extraídas están correlacionadas con el rendimiento de los cultivos a través de una extensa investigación y pruebas de campo y dependen en gran medida de las características específicas del suelo. Debido a esto, los laboratorios utilizan diferentes métodos para extraer el mismo nutriente del suelo para diferentes áreas geográficas de los Estados Unidos. Por esto es por lo que es importante encontrar un laboratorio que utilice los métodos que se han correlacionado adecuadamente para los suelos de Puerto Rico. Los métodos analíticos de suelo recomendados para Puerto Rico se pueden encontrar en el Cuadro 2.2.

Propiedad química del suelo	Método
pH	2:1 (agua: suelo)
MO (materia orgánica)	Combustión seca: <ul style="list-style-type: none"> <li>• pérdida por calcinación (<i>Loss on ignition</i> o LOI) o</li> <li>• analizador automático de carbono (carbono orgánico del suelo o COS)</li> </ul>
CIC (capacidad intercambio catiónico)	Suma de bases intercambiables por extracción con $\text{NH}_4\text{OAc}$ y acidez por titulación de 1M KCl (especialmente si el pH está bajo el nivel de 5.5)
N	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <math>\text{NH}_4^+\text{-N}</math> y <math>\text{NO}_3^-\text{-N}</math> - extraíble con 1M KCl</li> <li>• N-total - materia orgánica</li> </ul>
P	Bray1 pH<7.2, Olsen pH>7.2
K, Ca, Mg	Acetato de amonio ( $\text{NH}_4\text{OAc}$ )
Micronutrientes (Fe, Mn, Zn, Cu)	DTPA-TEA
B	Agua caliente
S	Fosfato monopotásico ( $\text{KH}_2\text{PO}_4$ )

Cuadro 2.2. Pruebas recomendadas para los suelos de Puerto Rico\*

\*Modificado de Sotomayor, 2019b

El laboratorio que se elija para realizar el análisis de suelo también debe de ser certificado en el análisis de suelo para agricultura. Se pueden encontrar laboratorios certificados por el programa *North American Proficiency Testing* (NAPT) accediendo al sitio web [www.naptprogram.org](http://www.naptprogram.org).

Los criterios que puede considerar a la hora de elegir un laboratorio son su certificación, los métodos de análisis, el costo, el tiempo de entrega de los resultados y la facilidad de entender el reporte de los resultados.

Al elegir el laboratorio, puede preguntar acerca de la información que requieren para someter una muestra. El agente agrícola del Servicio Extensión Agrícola de su área puede ayudar en elegir un laboratorio.

### Interpretación y recomendación

La recomendación de nutrientes y el manejo adecuado de los fertilizantes se basa en la recopilación de información precisa ya que los campos agrícolas tienen propiedades únicas que influyen en las propiedades del suelo y la capacidad de los cultivos para responder al fertilizante aplicado.

Con los resultados del análisis del suelo del laboratorio y la información pertinente (lugar de muestreo y condiciones especiales), el agente agrícola del Servicio Extensión Agrícola puede ayudar a interpretar los resultados de los análisis y determinar las recomendaciones de nutrientes para el cultivo deseado.

### Mejores prácticas de gestión

Las mejores prácticas de gestión de fertilizantes (*best management practices* o BMP) se esfuerzan por hacer coincidir el suministro de nutrientes con los requisitos de los cultivos y minimizar las pérdidas de nutrientes de los campos.

El Instituto Internacional de Nutrición Vegetal (*International Plant Nutrition Institute* o IPNI) ha promovido un enfoque innovador para el manejo de fertilizantes conocido como “4Requisitos para el Manejo Responsable de Nutrientes”. Esto se define como el manejo de nutrientes en la **dosis** de fertilizante correcta, utilizando la **fuentes** correcta, en el **momento** correcto, en el **lugar** correcto (IPNI, 2012).

La **dosis** correcta debería ser suficiente para cumplir con los requisitos de nutrientes de la planta, la **fuentes** correcta debería ser la fórmula que la planta utiliza mejor, el **momento** correcto debería ser el aplicado en sincronía con la absorción de nutrientes de la planta y el **lugar** de aplicación debe maximizar el acceso de la planta a los nutrientes.

La mejora de la nutrición de las plantas ha sido un factor importante que contribuye al aumento del rendimiento de los cultivos, y los fertilizantes comerciales desempeñan un papel importante a través de la reposición de nutrientes y el aumento del rendimiento.

### Referencias

- Biernbaum, J. (2013). *Water, Soil and Fertility Management in Organic High Tunnels*. Michigan State University. <https://www.canr.msu.edu/hrt/uploads/535/78622/HighTunnelWaterSoilFertility2013-10pgs.pdf>
- Brady, N. C., & Weil, R. R. (2010). Soil Organic Matter [Capítulo 11]. En *Elements of the Nature and Properties of Soils* (3.<sup>a</sup> ed.). Prentice Hall, New Jersey.
- Fery, M, Choate, J., & Murphy, E. (2018). *A Guide to Collecting Soil Samples for Farms and Gardens*. Oregon State University Extension Service. <https://catalog.extension.oregonstate.edu/ec628/html>
- International Plant Nutrition Institute. (2012, octubre 8). *Los 4Requisitos para el Manejo Responsable de Nutrientes*. <http://mca.ipni.net/article/MCA-3014>
- Sotomayor-Ramírez, D., & Martínez, G. (2019a). Soil testing as a nutrient management tool in the Caribbean [Capítulo 2]. En *Fertilizer Recommendations Guide for Some of the Most Common Crops in the Caribbean* (pp. 2-1 a 2-41). Informe final del Proyecto bajo el acuerdo colaborativo No. 68-F352-16-501 entre USDA-NRCS y la Universidad de Puerto Rico Recinto de Mayagüez.
- Sotomayor-Ramírez, D., & Martínez, G. (2019b). Crop specific nutrient management [Capítulo 4]. En *Fertilizer Recommendations Guide for Some of the Most Common Crops in the Caribbean* (pp. 4-1 a 4-37). Informe final del Proyecto bajo el acuerdo colaborativo No. 68-F352-16-501 entre USDA-NRCS y la Universidad de Puerto Rico Recinto de Mayagüez.
- Whatcom County Extension. (s.f.). Compost Needs. En *Compost Fundamentals* [Manual digital]. Washington State University. [http://whatcom.wsu.edu/ag/compost/fundamentals/needs\\_carbon\\_nitrogen.htm](http://whatcom.wsu.edu/ag/compost/fundamentals/needs_carbon_nitrogen.htm)

# Alternativas de cultivos para los sistemas de túneles

---

Dra. Ermita Hernández

3.0

<b>Nombre del cultivo</b>	Tomate tipo cereza “Cherry tomatoes” <i>Solanum lycopersicum var. cerasiforme</i>	
<b>Familia</b>	Solanaceae	
<b>Periodo de siembra</b>	Se puede producir durante todo el año. Algunas variedades se dan mejor durante la época más fresca (octubre a marzo) cuando hay mejor cuaje de frutos.	
<b>Temperaturas óptimas</b>	De 68 a 86° F (diurna promedio) De 61 a 68° F (nocturna promedio)	
<b>Tipo de siembra y distancia en bancos</b>	Se recomienda la siembra por trasplantes de 4 a 5 semanas de edad en camas elevadas con hileras sencillas a cada 2 pies entre plantas.	
<b>Variedades adaptables<sup>1</sup></b>	Se recomienda el uso de variedades indeterminadas, por ejemplo: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Clementine F1</li> <li>• Favorita F1</li> <li>• Sakura F1</li> <li>• Apero F1</li> <li>• Godi F1</li> </ul>	
<b>Prácticas del cultivo</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>Suelo</b> – Requiere suelos sueltos, profundos y con buen drenaje.</li> <li>• <b>Fertilidad</b> – Se deben utilizar fertilizantes con alta base de nitrógeno o enmiendas orgánicas. El abonamiento debe ser ajustado por cada etapa de producción: vegetativa, florecida y de fructificación.</li> <li>• <b>Rotación</b> – Si el cultivo presenta enfermedades, debe rotar por cada ciclo de producción a otro banco o si utiliza el mismo banco, con un cultivo de otra familia. (bok choy, cilantrillo, recaó, etc.)</li> <li>• <b>Soporte</b> – Las plantas requieren uso de cordones que se unan a un marco de soporte de 8 a 12 pies sobre el suelo.</li> <li>• <b>Poda</b> – Requiere poda semanalmente luego de la segunda semana del trasplante.</li> </ul>	
<b>Manejo cosecha y poscosecha</b>	Se cosecha luego de los 60 días del trasplante y se mantiene en poda constante y tutorado por más de 6 meses.	
<b>Fuentes de información</b>		
Hernández, E., Cabrera, I., and & Macchiavelli, R. (2019). Performance and Key Pests of Bok Choy and Cherry Tomato in Different Regions of Puerto Rico. En <i>Memories of Annual Meeting SOPCA</i> . (p. 38).		
Ivy, A. (2018). <i>Best Management Practices in High Tunnel Production: Cherry Tomatoes Pruning and Training</i> . Cooperative Extension, Cornell University. <a href="https://rvpadmin.cce.cornell.edu/uploads/doc_678.pdf">https://rvpadmin.cce.cornell.edu/uploads/doc_678.pdf</a>		

<sup>1</sup> No todas las variedades han sido evaluadas por la UPRM. Son variedades con características adaptables al trópico.

<b>Nombre del cultivo</b>	<b>Ají dulce "Sweet Chili Pepper"</b> <i>Capsicum chinense</i>	
<b>Familia</b>	<b>Solanaceae</b>	
<b>Periodo de siembra</b>	Se puede sembrar durante todo el año en cualquier región geográfica de Puerto Rico.	
<b>Temperaturas óptimas</b>	De 65° F a 85° F, puede tolerar altas temperaturas con un sistema de riego instalado.	
<b>Tipo de siembra y distancia en bancos</b>	Siembra por trasplante de 5 o 6 semanas de edad. La distancia entre plantas debe ser de 1.5 a 2 pies entre plantas, hilera sencilla o doble. El número de hileras va a depender del tamaño del banco formado en el túnel.	
<b>Variedades adaptables<sup>2</sup></b>	Variedades liberadas por UPRM: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Encanto</li> <li>• Amanecer</li> <li>• Pasión</li> <li>• Bonanza</li> <li>• Carnaval</li> </ul>	
<b>Prácticas del cultivo</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>Suelo.</b>– Requiere suelos sueltos, profundos, con buen drenaje y alta materia orgánica.</li> <li>• <b>Fertilidad.</b>– Se debe utilizar un fertilizante con alta base de nitrógeno o enmiendas orgánicas. La cantidad y material de fertilizante a usar deben ser ajustados por etapas de producción.</li> <li>• <b>Rotación.</b>– Rotar con otras familias que requieran menos fertilidad, por ejemplo, hortalizas de hoja como la lechuga o el cilantrillo.</li> <li>• <b>Soporte.</b>– Requiere de estacas y amarre con cordón de nilón o cables si el cultivo alcanza más de 30" de alto.</li> </ul>	
<b>Manejo cosecha y poscosecha</b>	La cosecha puede comenzar luego de los 60 días del trasplante y extenderse por más de 12 meses. Se recomienda almacenar los frutos en sacos impermeables o bolsas de malla a una temperatura de 41° F a 46° F.	
<b>Fuentes de información</b> <p>Hernández, E. (2017). <i>Producción de ají dulce</i>. Hoja Informativa HORT 02-17. Universidad de Puerto Rico.</p> <p>Orengo Santiago, E., Semidey, N., Armstrong, A., Almodóvar, W., &amp; Comas, M. (1999). <i>Conjunto tecnológico para la producción de ají dulce</i>. Publicación 157. Estación Experimental Agrícola, Universidad de Puerto Rico.</p>		

<sup>2</sup> No todas las variedades han sido evaluadas por la UPRM. Son variedades con características adaptables al trópico.

Nombre del cultivo	<b>Berenjena "Eggplant"</b> <i>Solanum melongena</i>	
Familia	Solanaceae	
Periodo de siembra	Se puede sembrar durante todo el año en cualquier región geográfica de Puerto Rico.	
Temperaturas óptimas	De 72° F a 86° F (diurna). De 64° F a 75° F (nocturna) Las temperaturas menores a 63° F o mayores a 95° F pueden reducir el rendimiento.	
Tipo de siembra y distancia en bancos	Se recomienda la siembra por trasplante a las 4 semanas de edad a una distancia de 2 pies entre plantas a hilera sencilla.	
Variedades adaptables <sup>3</sup>	Indeterminadas locales: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Rosaita</li> <li>• Rayada (polinización abierta)</li> </ul> Indeterminadas para túnel: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Angela F1</li> <li>• Dancer F1</li> </ul>	
Prácticas del cultivo	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>Suelo.</b>– Requiere suelos sueltos, profundos y con buen drenaje.</li> <li>• <b>Fertilidad.</b>– Se debe utilizar un fertilizante con alta base de nitrógeno o enmiendas orgánicas. Monitorear la salinidad del suelo es crucial, más de 640 ppm puede causar pérdidas en el cultivo.</li> <li>• <b>Rotación.</b>– Se recomienda rotar en el mismo banco con cultivos de hojas o que requieran menos fertilidad.</li> <li>• <b>Soporte.</b>– Requiere estacas con alambre o cordón de nilón para amarre del tallo más de 6 pies del suelo.</li> <li>• <b>Poda.</b>– Requiere de poda semanal.</li> </ul>	
Manejo cosecha y poscosecha	La cosecha bajo túnel puede comenzar luego de 2 meses del trasplante y extenderse por más de 8 meses. Se deben realizar de 2 a 3 cosechas por semana (depende de la variedad) para prevenir un tamaño excesivo del fruto. Los frutos pueden ser almacenados a unas temperaturas de 60° F a 64° F por más de una semana.	

#### Fuentes de información

- Fornaris, G., Martínez, S., Rivera, L., Lugo M., Armstrong, A., Cabrera, I., Rosa, E., Vicente, N., Comas, M., & Irizarry, M. (2006). *Conjunto tecnológico para la producción de berenjena*. Publicación 165. Estación Experimental Agrícola, Universidad de Puerto Rico. <https://www.uprm.edu/eea/publicaciones/berenjena/>
- Sideman, B. (2019). *Research Report: High tunnel eggplant varieties, pruning and post-harvest storage, 2018*. Cooperative Extension, University of New Hampshire. [https://extension.unh.edu/resources/files/Resource007621\\_Rep11102.pdf](https://extension.unh.edu/resources/files/Resource007621_Rep11102.pdf)
- Welbaum, G. E. (2015). *Vegetable Production and Practices*. CABI.

<sup>3</sup> No todas las variedades han sido evaluadas por la UPRM. Son variedades con características adaptables al trópico.

<b>Nombre del cultivo</b>	Pepinillo partenocárpico <sup>4</sup> "Parthenocarpic cucumber" <i>Cucumis sativus</i>	
<b>Familia</b>	Cucurbitaceae	
<b>Periodo de siembra</b>	Se puede producir durante todo el año en cualquier región geográfica de Puerto Rico.	
<b>Temperaturas óptimas</b>	De 75° F a 95° F (diurna) No menos de 65° F (nocturna)	
<b>Tipo de siembra y distancia en bancos</b>	Se recomienda la siembra por trasplante a los 14 días de edad, o que la plántula presente 2 hojas verdaderas, a una distancia de 2 pies entre plantas a hilera sencilla.	
<b>Variedades adaptables<sup>5</sup></b>	Variedades partenocárpicas (sin semillas) más tolerantes al añublo polvoriento y a virus. <ul style="list-style-type: none"> <li>• Poniente F1</li> <li>• Sócrates F1</li> <li>• Excelsior</li> <li>• Mercury</li> </ul>	
<b>Prácticas del cultivo</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>Suelo.</b>– Requiere suelos con buen drenaje.</li> <li>• <b>Fertilidad.</b>– Se debe utilizar un fertilizante con alta base de nitrógeno o enmiendas orgánicas.</li> <li>• <b>Rotación.</b>– Rotar con leguminosas o cultivos que no sean de la misma familia.</li> <li>• <b>Soporte.</b>– Las plantas requieren el uso de cordones o mallas que se unan a un marco de soporte de 6 a 10 pies sobre el suelo.</li> </ul>	
<b>Manejo cosecha y poscosecha</b>	La cosecha comienza 60 días luego del trasplante y dura por varios meses. Los pepinillos se pueden almacenar a temperaturas de 50° F a 55° F por 14 días.	
<b>Fuentes de información</b> <p>Guan, W., Maynard, E.T., Aly, B., Zakes, J., Egel, D.S., &amp; Ingwell, L. (2019). Parthenocarpic Cucumber Cultivar Evaluation in High-tunnel Production. <i>HortTechnology</i> 29(5), 634-642. <a href="https://doi.org/10.21273/HORTTECH04370-19">https://doi.org/10.21273/HORTTECH04370-19</a></p> <p>Jett, L.W. (2011). Parthenocarpic Cucumbers Are a Successful Double Crop for High Tunnels (West Virginia). En E.T. Maynard (Ed.), <i>Midwest Vegetable Trial Report for 2011</i> (pp. 17-21). Purdue University. <a href="https://ag.purdue.edu/hla/fruitveg/MidWest%20Trial%20Reports/00_MVTR%202011%20FULL_web.pdf">https://ag.purdue.edu/hla/fruitveg/MidWest%20Trial%20Reports/00_MVTR%202011%20FULL_web.pdf</a></p> <p>Suslow, T. V., &amp; Cantwell, M. (1997). <i>Cucumber: Recommendations for maintaining post-harvest quality</i>. Department of Plant Sciences, University of California, Davis. <a href="http://postharvest.ucdavis.edu/files/259448.pdf">http://postharvest.ucdavis.edu/files/259448.pdf</a></p>		

<sup>4</sup> No requiere polinización.

<sup>5</sup> No todas las variedades han sido evaluadas por la UPRM. Son variedades con características adaptables al trópico.

<b>Nombre del cultivo</b>	<b>Pimientos dulces miniatura</b> <i>"Mini sweet peppers"</i> <i>Capsicum annuum</i>	
<b>Familia</b>	<b>Solanaceae</b>	
<b>Periodo de siembra</b>	Se puede sembrar durante todo el año en cualquier región geográfica de Puerto Rico.	
<b>Temperaturas óptimas</b>	De 65° F a 95° F	
<b>Tipo de siembra y distancia en bancos</b>	Se recomienda la siembra por trasplante a las 4 semanas, a una distancia de 12" entre plantas a doble hilera en bancos elevados.	
<b>Variedades adaptables<sup>6</sup></b>	Variedades miniaturas evaluadas: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Lunchbox orange</li> <li>• Lunchbox red</li> </ul>	
<b>Prácticas del cultivo</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>Suelo.</b>– Requiere suelos sueltos, profundos y con buen drenaje.</li> <li>• <b>Fertilidad.</b>– Se deben utilizar fertilizantes con alta base de nitrógeno o enmiendas orgánicas. El abonamiento debe ser ajustado por cada etapa de producción: vegetativa, florecida y de fructificación.</li> <li>• <b>Rotación.</b>– Si el cultivo presenta enfermedades, se debe rotar por cada ciclo de producción a otro banco, si se utiliza el mismo banco, rote con un cultivo de otra familia. (por ejemplo <i>bok choy</i>, cilantrillo, recaó, etc.)</li> <li>• <b>Soporte.</b>– Las plantas requieren estacas con cordón de nilón ya que algunas variedades pueden alcanzar más de 36" en el túnel.</li> <li>• <b>Poda.</b>– Se recomienda una poda inicial de forma "Y" donde se elimina la flor de horqueta (<i>crown flower</i>) y la remoción de las hojas viejas a cada dos semanas.</li> </ul>	
<b>Manejo cosecha y poscosecha</b>	Luego de los 60 días de trasplante, se cosecha semanalmente por varios meses. Luego de la cosecha, se debe almacenar a una temperatura de 45° F por 3 semanas.	

**Fuentes de información**

- Empresa Hortalizas UPRM. (2020, 24 de marzo). *Curso básico I de Hortalizas especiales: variedades* [Video]. YouTube. <https://www.youtube.com/watch?v=l8gLoLaHB-8>
- Empresa Hortalizas UPRM. (2020, 8 de mayo). *Curso básico II de hortalizas especiales: Prácticas para el manejo de cultivos*. [Video]. YouTube. <https://www.youtube.com/watch?v=5OP9qGVgSiw>
- Maynard, E. T. & Calsoyas, I. S. (2015). Mini Sweet Pepper and Heirloom Pepper Performance in High Tunnels, 2015 (Indiana). En E.T. Maynard (Ed.), *Midwest Vegetable Trial Report for 2015* (pp. 45-56). Purdue University. [https://ag.purdue.edu/hla/fruitveg/MidWest%20Trial%20Reports/2015/001\\_MVTR-2015\\_FULL.pdf](https://ag.purdue.edu/hla/fruitveg/MidWest%20Trial%20Reports/2015/001_MVTR-2015_FULL.pdf)

<sup>6</sup> No todas las variedades han sido evaluadas por la UPRM. Son variedades con características adaptables al trópico.

<b>Nombre del cultivo</b>	<b>Soya oriental "Edamame"</b> <i>Glycine max</i>	 
<b>Familia</b>	<b>Fabaceae</b>	
<b>Periodo de siembra</b>	Se puede producir durante todo el año y en cualquier región geográfica de Puerto Rico. Hay variedades de días cortos o días largos lo cual puede afectar la florecida y el rendimiento.	
<b>Temperaturas óptimas</b>	65° F a 90° F, pero pueden tolerar hasta 104° F.	
<b>Tipo de siembra y distancia en bancos</b>	Se recomienda la siembra directa al suelo con el uso de sembradora o manualmente. La distancia de siembra por cada hilera es de 6" a 10" entre plantas. Si los bancos son de 36" de ancho, puede hacer 4 hileras por banco.	
<b>Variedades adaptables<sup>7</sup></b>	Variedades tempranas evaluadas: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Biei</li> <li>• Tohya</li> </ul>	
<b>Prácticas del cultivo</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>Suelo.</b>– Requiere suelos sueltos, profundos y con buen drenaje.</li> <li>• <b>Fertilidad.</b>– Se recomienda la inoculación de semillas con rhizobium para reducir o eliminar la fertilización. De no inocular, debe utilizar fertilizantes con alta base de nitrógeno o enmiendas orgánicas.</li> <li>• <b>Rotación.</b>– Rotar con otros cultivos de otra familia.</li> </ul>	
<b>Manejo cosecha y poscosecha</b>	<p>Una vez que la vaina se llene (1 pulgada de ancho), estará lista para cosecha. La planta se cosecha completa manualmente y luego se retiran las vainas o granos aparte para mercadear. Debe monitorear las plantas cada 3 días para cosechar.</p> <p>Luego del cosecho se debe pasar por pre enfriado o enfriado con aire o al vacío y almacenar por dos semanas a 32° F con 95% de humedad para mantener el color, el sabor y el peso.</p>	

#### Fuentes de información

- Hernández, E., Comas, M., & Gregory, A. (2020). Yield and Potential Market for Asian Vegetables Among Regions of Puerto Rico [Resumen de afiche científico]. *HortScience* 55(9S). S137–S138. <https://doi.org/10.21273/HORTSCI.55.9S.S1>
- Miles, C., O'Dea, J., Daniels, C., & King, J. (2018). Edamame. Washington State University. <http://pubs.cahnrs.wsu.edu/publications/pubs/pnw525/>
- Sharma, K. P. (2013, octubre). *Varietal Yield Stability and Appropriate Management for Quality Organic Edamame Production* [Informe de Proyecto]. Organic Sector Development Program I-166. [http://certifiedorganic.bc.ca/programs/osdp/I-166\\_Edamame2\\_Final\\_Report.pdf](http://certifiedorganic.bc.ca/programs/osdp/I-166_Edamame2_Final_Report.pdf)
- Singer, R. (2016). Production and Marketability of Edamame in Ohio. En Ohio Department of Agriculture, *2014 Final Report SCBG Farm Bill, SCBGP-OH-0039*, (pp. 2-17). [https://www.ams.usda.gov/sites/default/files/media/OH14\\_Accepted\\_Final\\_2-7-17.pdf](https://www.ams.usda.gov/sites/default/files/media/OH14_Accepted_Final_2-7-17.pdf)

<sup>7</sup> No todas las variedades han sido evaluadas por la UPRM. Son variedades con características adaptables al trópico.

<b>Nombre del cultivo</b>	<b>Acelga "Swiss Chard"</b> <i>Beta vulgaris var. cicla</i>	
<b>Familia</b>	<b>Amaranthaceae</b>	
<b>Periodo de siembra</b>	Alta producción durante los tiempos frescos (octubre a marzo). En regiones de alta elevación o montañosas los meses de producción se pueden extender.	
<b>Temperaturas óptimas</b>	De 50° F a 75° F. Las temperaturas cálidas pueden reducir el crecimiento y la calidad del cultivo.	
<b>Tipo de siembra y distancia en bancos</b>	Siembra directa o trasplante de plántulas con 3 o 4 hojas verdaderas. Siembra en camas elevadas de 30" a 40" de ancho y de 9" a 12" entre plantas.	
<b>Variedades adaptables<sup>8</sup></b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Fordhook Giant</li> <li>• Silverado</li> <li>• Lucullus</li> <li>• Bright Lights</li> <li>• Fire Fresh "baby"</li> </ul>	
<b>Prácticas del cultivo</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>Suelo.</b>– Requiere suelos sueltos con alta materia orgánica y buen drenaje con un pH neutral de 6 a 7.</li> <li>• <b>Fertilidad.</b>– El nitrógeno es el elemento más limitante, se deben utilizar fertilizantes con una base alta en nitrógeno. La aplicación de fósforo durante el trasplante podría ayudar a tener una planta más vigorosa.</li> <li>• <b>Rotación<sup>9</sup></b> .– Rotar con cultivos de la familia Apiaceae, Amaryllidaceae o Fabaceae para reducir plagas.</li> </ul>	
<b>Manejo cosecha y poscosecha</b>	<p>Las hojas se cosechan cuando alcanzan de 8" a 12" luego de los 50 días de la siembra o 25 días luego para las variedades "baby". Se pueden realizar hasta 5 cortes o cosechas durante el ciclo de la planta.</p> <p>La cosecha se debe realizar durante las temperaturas mínimas del día y se lleva a preenfriamiento antes de empacar, puede ser almacenada hasta dos semanas en menos de 40° F.</p>	
<b>Fuentes de información</b>		
Westenhiser, T. (2018). Swiss Chard. <i>Food Source Information</i> . Colorado State University. <a href="https://fsi.colostate.edu/swiss-chard/">https://fsi.colostate.edu/swiss-chard/</a>		
Welbaum, G. E. (2015). <i>Vegetable Production and Practices</i> . CABI.		
Schrader, W. L., & Mayberry, K. S. (2003). <i>Beet and Swiss Chard Production in California</i> . [Publication 8096]. University of California, Division of Agriculture and Natural Resources. <a href="https://anrcatalog.ucanr.edu/pdf/8096.pdf">https://anrcatalog.ucanr.edu/pdf/8096.pdf</a>		

<sup>8</sup> No todas las variedades han sido evaluadas por la UPRM. Son variedades con características adaptables al trópico.

<sup>9</sup> La rotación no debe ser con cultivos de la familia de Solanácea para evitar transmisión de enfermedades virales compatibles.

<b>Nombre del cultivo</b>	<b>Lechuga "Lettuce"</b> <i>Lactuca sativa</i>	
<b>Familia</b>	Asteraceae	
<b>Periodo de siembra</b>	Alta producción durante los tiempos secos y frescos (octubre a marzo). En regiones montañosas o de alta elevación los meses de producción se pueden extender	
<b>Temperaturas óptimas</b>	De 65° F a 75° F durante el día y hasta 50° F durante la noche. Para evitar la deformación de la cabeza, el enanismo o el sabor amargo del producto, las temperaturas no deben exceder 85° F.	
<b>Tipo de siembra y distancia en bancos</b>	Se recomienda el trasplante a las 3 o 4 semanas. La <b>lechuga de cabeza</b> se siembra de 12" a 20" entre hilera y de 12" a 18" entre plantas. La <b>lechuga de hojas</b> se siembra de 10" a 12" entre hilera y 2" a 4" entre plantas.	
<b>Variedades adaptables<sup>10</sup></b>	<p>Variedades resistentes a altas temperaturas:</p> <p><b>Lechuga de cabeza</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• <i>Iceberg</i>.– Crispino, Caretaker y Reina</li> <li>• <i>Butterhead</i>.– Red Cross y Adriana</li> <li>• <i>Batavia</i>.– Cherokee y Magenta</li> </ul> <p><b>Lechuga de hojas</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• <i>Romaine</i>.– Sparx y Super Jericho</li> <li>• <i>Loose leaf</i>.– Oso verde, Tropicana y Green Star</li> </ul>	
<b>Prácticas del cultivo</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>Suelo</b>.– Requiere suelos sueltos, profundos y con buena retención de humedad. Tolera suelos con un pH de 5.5 a 8.</li> <li>• <b>Fertilidad</b>.– El nitrógeno es el elemento más limitante, utilizar fertilizante con una base alta en nitrógeno.</li> <li>• <b>Rotación</b>.– Evitar rotación con cultivos de la misma familia para minimizar problemas de plagas.</li> </ul>	
<b>Manejo cosecha y poscosecha</b>	Depende de la variedad y temperatura, se pueden cosechar entre los 40 a 55 días luego de la siembra. La cosecha debe ser durante las horas más frescas del día. Luego de la cosecha, se debe llevar a unas facilidades fuera del campo para lavado, corte, remoción del exceso de agua y refrigeración para reducir el calor del campo.	
<p><b>Fuentes de información</b></p> <p>Linares, A. L., Esteves, C., Flores, L. (2016). Evaluation of lettuce cultivars for open field raised beds production systems. <i>Annual Memories of SOPCA</i>.</p> <p>Welbaum, G. E. (2015). <i>Vegetable Production and Practices</i>. CABI.</p>		

<sup>10</sup> No todas las variedades han sido evaluadas por la UPRM. Son variedades con características adaptables al trópico.

<b>Nombre del cultivo</b>	<b>Cebollines “Bunching onions”</b> <i>Allium fistulosum</i> L	
<b>Familia</b>	<b>Amaryllidaceae</b>	
<b>Periodo de siembra</b>	Se recomienda la siembra durante las temporadas más frescas (octubre a marzo) o en la zona montañosa de mayor altitud.	
<b>Temperaturas óptimas</b>	De 68° a 78° F. Sin embargo, la cantidad de luz va a determinar el crecimiento del cultivo.	
<b>Tipo de siembra y distancia en bancos</b>	Se puede sembrar directo al suelo, pero se recomienda la siembra de trasplante a las 4 semanas de edad ya que compiten pobremente con las malezas. La densidad de siembra sobre un banco de 30” de ancho debe ser de 3 a 4 hileras y de 4” a 6” entre plantas.	
<b>Variedades adaptables<sup>11</sup></b>	Variedades evaluadas: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Tokyo Long White</li> <li>• Evergreen White Nebuka</li> <li>• White Spear</li> </ul>	
<b>Prácticas del cultivo</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>Suelos.</b>– Requiere suelos con buen drenaje, pero con algo de retención de agua.</li> <li>• <b>Fertilidad.</b>– Se recomienda utilizar abono con una base en nitrógeno alta o enmiendas orgánicas. La aplicación de una solución inicial alta en fósforo es recomendable durante el trasplante para estimular el enraizamiento.</li> <li>• <b>Rotación.</b>– Rotar con hortalizas de otras familias para evitar las enfermedades comunes.</li> <li>• <b>Salinidad.</b>– La alta salinidad puede afectar la germinación de semillas sembradas directamente en el túnel. Se recomienda aplicar riego al túnel por 6 horas o más antes de la siembra directa para lixiviar los niveles de salinidad.</li> <li>• <b>Luminosidad.</b>– Se recomienda remover o limpiar el plástico del túnel para aumentar la luminosidad.</li> </ul>	
<b>Manejo cosecha y poscosecha</b>	La cosecha comienza a los 60 días luego del trasplante. Se cosecha halando la planta completa desde su base formando bonches de 5 o 6 y amarrándolos con una liguilla para limpiar y empacar.  El cultivo se puede almacenar de 7 a 10 días a temperaturas de 32° F con una humedad de 95 a 100 %.	

#### Fuentes de información

- Hernández E. Empresa de Hortalizas UPRM. (2020, 14 de abril). *Curso Básico II Hortalizas Especiales: Practicas para el manejo de cultivos* [Video]. YouTube. <https://youtu.be/5OP9qGVgSiw>
- Hernández, E., & Maldonado, A. (2021). *Hoja informativa: Cebollines*. Publicación HORT 02-21. Servicio de Extensión Agrícola, Universidad de Puerto Rico.
- Russo, V.M., & Shrefler, J. (2012). Bunching onion Culture in Greenhouse and Hoop House. *HortScience*, 47(11), 1564-1568. <https://doi.org/10.21273/HORTSCI.47.11.1564>
- Smith, R., Cann, M., Cantwell, M., Koike, S., Natwick, E., Takele, E. (2011). *Green onion production in California*. Publication 724. University of California, Agriculture and Natural Resources. <https://anrcatalog.ucanr.edu/pdf/7243.pdf>

<sup>11</sup> No todas las variedades han sido evaluadas por la UPRM. Son variedades con características adaptables al trópico.

<b>Nombre del cultivo</b>	<b>Col rizada "Kale"</b> <i>Brassica oleracea var. acephala</i>	
<b>Familia</b>	<b>Brassicaceae</b>	
<b>Periodo de siembra</b>	Alta producción durante las temporadas secas y frescas (octubre a marzo). En zonas más altas se pueden extender los meses de producción.	
<b>Temperaturas óptimas</b>	De 60° a 85° F. Si el cultivo se desarrolla durante temperaturas muy altas puede acelerar la florecida, aumentar la población de plagas y provocar un sabor amargo a las hojas.	
<b>Tipo de siembra y distancia en bancos</b>	Se recomienda el trasplante a las 4 a 6 semanas de edad o al alcanzar de 6" a 8" de alto. La distancia entre plantas es de 9" a 12" y de 14" entre hileras.	
<b>Variedades adaptables<sup>12</sup></b>	Variedades tolerantes al calor: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Blue Ridge</li> <li>• Toscano</li> </ul>	
<b>Prácticas del cultivo</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>Suelo.</b>– Requiere suelos sueltos, profundos con buena materia orgánica y tolera un pH de 5.5 a 6.8.</li> <li>• <b>Fertilidad.</b>– El nitrógeno es el elemento más limitante, debe utilizar fertilizante con una base alta en nitrógeno. La aplicación de una solución inicial alta en fósforo es recomendable durante el trasplante.</li> <li>• <b>Rotación.</b>– Rotar con hortalizas que requieran menos nitrógeno para reducir la acumulación de sales en el suelo (ej. Asteraceae, Amaranthaceae o Fabaceae).</li> </ul>	
<b>Manejo cosecha y poscosecha</b>	Depende de la variedad, la cosecha comienza luego de los 50 días del trasplante. Se recomienda cosechar durante las temperaturas frescas del día, se cortan las hojas tiernas y se eliminan aquellas dañadas colocándose luego en contenedores.  Se deben colocar en refrigeración a 32° F antes de su comercialización.	
<b>Fuentes de información</b>		
Coolong, T. (Ed.). (2017). <i>Commercial Production and Management of Cabbage and Leafy Greens</i> [Bulletin 1181]. UGA Extension. <a href="https://secure.caes.uga.edu/extension/publications/files/pdf/B%201181_4.PDF">https://secure.caes.uga.edu/extension/publications/files/pdf/B%201181_4.PDF</a>		
Welbaum, G. E. (2015). <i>Vegetable Production and Practices</i> . CABI.		

<sup>12</sup> No todas las variedades han sido evaluadas por la UPRM. Son variedades con características adaptables al trópico.

<b>Nombre del cultivo</b>	<b>Recao “Long leaf coriander”</b> <i>Eryngium foetidum</i> L.	
<b>Familia</b>	<b>Apiaceae</b>	
<b>Periodo de siembra</b>	Se puede producir durante todo el año. La producción puede ser mayor durante el periodo de días cortos (octubre a marzo) ya que se reduce la subida de la inflorescencia.	
<b>Temperaturas óptimas</b>	De 60° a 86° F.	
<b>Tipo de siembra y distancia en bancos</b>	Trasplante a las 8 semanas, distancia entre plantas de 30” a 40” cuadradas (5” x 6” o 8” x 8”).	
<b>Variedades adaptables<sup>13</sup></b>	Se recomienda buscar distribuidores de semillas locales con buena reputación.	
<b>Prácticas del cultivo</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>Suelo.</b>– Requiere un suelo con buen drenaje y retención de humedad con un pH neutral de 5.5 a 7.0.</li> <li>• <b>Fertilidad.</b>– Debe utilizar un fertilizante con alta base de nitrógeno o enmiendas orgánicas.</li> <li>• <b>Rotación.</b>– Rotar con cultivos que no sean de la misma familia para evitar enfermedades comunes.</li> <li>• <b>Sombra.</b>– Si el túnel se encuentra en un área de poca sombra puede colocar sarán de 47% a 63% a una altura de más de 2’ sobre el banco para retrasar la florecida.</li> <li>• <b>Estrés.</b>– Los extractos de algas marinas como <i>Ascophyllum nodosum</i> y <i>Sargassum vulgare</i> aumentan el follaje durante el periodo de altas temperaturas.</li> </ul>	
<b>Manejo cosecha y poscosecha</b>	Se cosecha cada 60 días luego del trasplante (90 días luego de la siembra) hasta 12 cosechas durante dos años. La espiga o flor se corta de 4 a 6 veces entre cada cosecha para obtener un buen tamaño de hoja (8” a 12”).  Luego de cada cosecha, las hojas pueden ser sumergidas en agua con cloro a menos de 50 ppm con pH de 6.5 a 7.5. Debe refrigerarse a 50° F y almacenar hasta por 21 días.	
<b>Fuentes de información</b>		
Casey, C.A., Magan, F.X., Herbert, S.J., Barker, A.V., & Cater, A.K. (2004). The Effect of Light Intensity and Nitrogen Fertilization on Plant Growth and Leaf Quality of Ngo Gai ( <i>Eryngium foetidum</i> L.) in Massachusetts. <i>Acta Horticulturae</i> , 629. <a href="https://doi.org/10.17660/ActaHortic.2004.629.28">https://doi.org/10.17660/ActaHortic.2004.629.28</a>		
Morales-Payán, J.P., Brunner, B., Flores, L., & Martínez, S. (2013). <i>Culantero Orgánico</i> [Hoja informativa]. Estación Experimental Agrícola de Lajas. <a href="https://studylib.es/doc/7708442/culantero-org%C3%A1nico---agricultura-org%C3%A1nica">https://studylib.es/doc/7708442/culantero-org%C3%A1nico---agricultura-org%C3%A1nica</a>		
Morales-Payán, J.P. & Stall, W.M. (2005). Broadleaf cilantro ( <i>Eryngium foetidum</i> ) growth as affected by selected organic biostimulants. <i>HortScience</i> 40(4), 1062. <a href="https://doi.org/10.21273/HORTSCI.40.4.1062B">https://doi.org/10.21273/HORTSCI.40.4.1062B</a>		
Santiago, L.R. (2001). <i>La producción de recao o culantro (Eryngium foetidum L.) en Puerto Rico</i> . Estación Experimental Agrícola de la Universidad de Puerto Rico. Publicación 162.		

<sup>13</sup> No todas las variedades han sido evaluadas por la UPRM. Son variedades con características adaptables al trópico.

<b>Nombre del cultivo</b>	<b>Cilantro “Coriander”</b> <i>Coriandrum sativum</i> L.	
<b>Familia</b>	Apiaceae	
<b>Periodo de siembra</b>	Se puede producir durante todo el año. La siembra en periodos de corta luz y épocas secas (octubre a marzo) reduce la inflorescencia y produce mayor follaje.	
<b>Temperaturas óptimas</b>	De 68° a 86° F.	
<b>Tipo de siembra y distancia en bancos</b>	Siembra directa de 1” a 2” entre plantas y 10” entre hileras. Las semillas pueden ser remojadas en ácido giberélico disuelto en agua para acelerar la germinación	
<b>Variedades adaptables<sup>14</sup></b>	Variedades que toleran los días largos y las altas temperaturas: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Slo-Bolt</li> <li>• Sunmaster</li> <li>• Calypso</li> <li>• Santo</li> <li>• Cruiser</li> </ul>	
<b>Prácticas del cultivo</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>Suelo.</b>– Requiere suelos sueltos, profundos con buen drenaje y retención de humedad a un pH entre 6.5 a 7.5.</li> <li>• <b>Fertilidad.</b>– Debe utilizar un fertilizante con alta base de nitrógeno o enmiendas orgánicas.</li> <li>• <b>Rotación.</b>– Rotar con cultivos de la familia Brassicaceae, Solanaceae, Cucurbitacea, Fabaceae o Asteraceae.</li> <li>• <b>Sombra.</b>– La utilización de sarán menor de 60% en el túnel puede reducir las altas temperaturas durante la época de verano.</li> </ul>	
<b>Manejo cosecha y poscosecha</b>	Se cosecha luego de los 40 días de germinación de la planta, cuando la planta puede alcanzar hasta 12” de alto y antes de la floración. Luego de la cosecha, debe refrigerarse en temperaturas de 33° a 35° F con alta humedad relativa y almacenarse por 14 días.	
<b>Fuentes de información</b>		
Laemmlen, F. F., & Smith, R. (2002). <i>Cilantro Production in California</i> . University of California. Division of Agriculture and Natural Resources. Publication 7236. <a href="https://anrcatalog.ucanr.edu/pdf/7236.pdf">https://anrcatalog.ucanr.edu/pdf/7236.pdf</a>		
Morales-Payán, J. M., Brunner, B., Flores, L., & Martínez, S. (2014). <i>Cilantro Orgánico</i> . Universidad de Puerto Rico. <a href="https://www.ecoagricultor.com/wp-content/uploads/2014/05/cultivo-cilantro-orgánico.pdf">https://www.ecoagricultor.com/wp-content/uploads/2014/05/cultivo-cilantro-orgánico.pdf</a>		
Morales, J. P. (1995). <i>Cultivo del cilantro, cilantro ancho y perejil</i> [Boletín técnico No. 25]. Fundación de Desarrollo Agropecuario de República Dominicana. <a href="http://www.cedaf.org.do/publicaciones/guias/download/cilantro.pdf">http://www.cedaf.org.do/publicaciones/guias/download/cilantro.pdf</a>		

<sup>14</sup> No todas las variedades han sido evaluadas por la UPRM. Son variedades con características adaptables al trópico.

<b>Nombre del cultivo</b>	<b>Repollo "Cabbage"</b> <i>Brassica oleracea var. capitata</i>	
<b>Familia</b>	<b>Brassicaceae</b>	
<b>Periodo de siembra</b>	Alta producción durante los tiempos secos y frescos (octubre a marzo). En zonas más altas y montañosas se pueden extender los meses de producción.	
<b>Temperaturas óptimas</b>	De 60° a 68° F. Si el cultivo se desarrolla en 77° F o más puede acelerar la florecida, aumentar la población de plagas y reducir el rendimiento.	
<b>Tipo de siembra y distancia en bancos</b>	Trasplante de 4 a 6 semanas con un tamaño de 6" a 8" de alto. La distancia entre hileras y plantas es de 10" a 18". La distancia más reducida puede ayudar a minimizar que la cabeza del repollo se raje, pero esto puede demorar su madurez.	
<b>Variedades adaptables<sup>15</sup></b>	Variedades resistentes a altas temperaturas: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Madurez temprana (60 días) Fast Vantage</li> <li>• Madurez media (70 a 80 días) Blue Vantage, Cheers, O-S Cross, Clarissa</li> <li>• Madurez tardía (85 a 100 días) Green Boy, Passat YR, Astrus Plus</li> </ul>	
<b>Prácticas del cultivo</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>Suelo.</b>– Requiere suelos sueltos, profundos con buena materia orgánica y tolera un pH de 5.5 a 6.8.</li> <li>• <b>Fertilidad.</b>– Requiere alto contenido de nitrógeno, el exceso puede reducir la densidad de la cabeza. Es importante monitorear los microelementos de boro (B) y molibdeno (Mo) para evitar deficiencias.</li> <li>• <b>Rotación.</b>– Rotar con hortalizas que requieran menos nitrógeno o aporten nitrógeno al suelo para reducir la acumulación de sales en el suelo (Asteraceae, Fabaceae o Amaranthaceae).</li> </ul>	
<b>Manejo cosecha y poscosecha</b>	Dependiendo de las variedades y temperaturas, se puede cosechar desde los 60 a 90 días luego de la siembra. Con los cultivos híbridos se requieren solo 1 o 2 cosechas. Una vez se corta el repollo se debe refrigerar en alta humedad para reducir el calor del campo y evitar marchitez.	
<b>Fuentes de información</b>		
Fornaris, G. J. et al. (2014). <i>Conjunto Tecnológico para la Producción de Repollo</i> . Estación Experimental Agrícola, Universidad de Puerto Rico. Publicación 158. <a href="https://www.uprm.edu/eea/publicaciones/repollo/">https://www.uprm.edu/eea/publicaciones/repollo/</a>		
Elwakil, W.M., & Mossler, M. (2019). <i>Florida Crop/Pest Management Profile: Cabbage</i> . University of Florida, IFAS Extension. Publicación CIR-1256. <a href="https://edis.ifas.ufl.edu/pi042">https://edis.ifas.ufl.edu/pi042</a>		
Welbaum, G.E. (2015). <i>Vegetable Production and Practices</i> . CABI.		

<sup>15</sup> No todas las variedades han sido evaluadas por la UPRM. Son variedades con características adaptables al trópico.

<b>Nombre del cultivo</b>	<b>Bok Choy “Pac Choi”</b> <i>Brassica rapa var. chinensis</i>	 
<b>Familia</b>	<b>Brassicaceae</b>	
<b>Periodo de siembra</b>	Alta producción durante los tiempos frescos (octubre a marzo). En zonas altas y montañosas se pueden extender los meses de producción.	
<b>Temperaturas óptimas</b>	De 55° a 70° F. Pueden producirse en temperaturas más altas si se mantienen constantemente en el suelo húmedo pero no saturado.	
<b>Tipo de siembra y distancia en bancos</b>	Se recomienda la siembra directa de la semilla en bancos de 30” a 40” de ancho. Se siembran de 3 a 4 hileras por banco (depende de la variedad) y con una separación de 4” a 6” entre planta. La densidad de siembra debe ser ajustada en la sembradora que utilice.	
<b>Variedades adaptables<sup>16</sup></b>	Variedades evaluadas: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Mei Qing Choi</li> <li>• Joi Choi</li> <li>• Chinese Pac Choi</li> </ul>	
<b>Prácticas del cultivo</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>Suelo.</b>– Requiere suelos con buen drenaje. El cultivo tolera un pH de 5.5 a 7.5.</li> <li>• <b>Fertilidad.</b>– Depende del tipo de suelo y análisis químico, se puede utilizar hasta 50 lbs de nitrógeno por acre en cada ciclo de producción.</li> <li>• <b>Rotación.</b>– Rotar con leguminosas u otro cultivo que no sea de la familia Brassicaceae.</li> </ul>	
<b>Manejo cosecha y poscosecha</b>	Una vez las hojas tengan un tamaño de 6” de alto, se pueden cosechar hojas <i>baby</i> o luego de los 30 días de base completo. Se debe cosechar durante las horas más frescas del día. Luego del corte, las hojas se colocan en contenedores, se lavan y se llevan a refrigerarse a 32° F con humedad de >95%. El producto puede almacenarse por hasta tres semanas.	
<b>Fuentes de información</b>		
Hernández, E. Cabrera, I., & Macchiavelli, R. (2019). Performance and Key Pests of Bok Choi and Cherry Tomato in Different Regions of Puerto Rico. <i>Memories of Annual Meeting SOPCA</i> . 38.		
Tuquero, J., Chargualaf, R. G., & Marutani, M. (2018). <i>Growing Bok Choy (Brassica rapa Chinensis Group) Varieties for Guam</i> . Publication FFP-07. Cooperative Extension & Outreach, College of Natural & Applied Sciences, University of Guam. <a href="https://www.uog.edu/_resources/files/wptrc/BokChoy.pdf">https://www.uog.edu/_resources/files/wptrc/BokChoy.pdf</a>		

<sup>16</sup> No todas las variedades han sido evaluadas por la UPRM. Son variedades con características adaptables al trópico.

<b>Nombre del cultivo</b>	<b>Brócoli "Broccoli"</b> <i>Brassica oleracea var.</i>	
<b>Familia</b>	<b>Brassicaceae</b>	
<b>Periodo de siembra</b>	Se recomienda la siembra durante las temporadas más frescas (octubre a marzo) o en la zona montañosa de mayor altitud.	
<b>Temperaturas óptimas</b>	De 59° a 77° F.	
<b>Tipo de siembra y distancia en bancos</b>	Se recomienda la siembra de trasplante a las 4 semanas de edad a una distancia entre plantas de 10" a 18" para las de cabeza grande y de 4" para el brócoli en bonches. Cada banco puede tener de 2 a 3 hileras, dependiendo de la variedad.	
<b>Variedades adaptables<sup>17</sup></b>	Variedades tolerantes al calor: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Green magic</li> <li>• Corato</li> <li>• Eastern Crown</li> </ul>	
<b>Prácticas del cultivo</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>Suelo.</b>– Requiere suelos con buen drenaje.</li> <li>• <b>Fertilidad.</b>– El cultivo puede tolerar un pH de 5.5 a 6.8. Se debe utilizar un fertilizante con base de nitrógeno alta o enmiendas orgánicas. Se debe monitorear la deficiencia de microelementos como el boro (B) y el molibdeno (Mo), ya que puede causar amarillez general o clorosis en hojas nuevas.</li> <li>• <b>Rotación.</b>– Rotar con otras leguminosas o con familias que requieran menos fertilidad.</li> </ul>	
<b>Manejo cosecha y poscosecha</b>	La cosecha comienza a los 60 días luego del trasplante. El brócoli de cabeza grande se cosecha de hasta 16 " en diámetro, luego son cortados y empacados. Se recomienda que se coseche durante las horas más frescas y que se coloque inmediatamente en una nevera a una temperatura de 32° F, para mantener la calidad y color del producto.	
<b>Fuentes de información</b>		
Hernández, E. (2017). <i>Hoja informativa: Brócoli y Repollo</i> . Publicación HORT 01-17. Servicio de Extensión Agrícola, Universidad de Puerto Rico. <a href="http://agricultura.uprm.edu/cms/index.php?a=file&amp;fid=15746">http://agricultura.uprm.edu/cms/index.php?a=file&amp;fid=15746</a>		
Welbaum, G.E. (2015). <i>Vegetable Production and Practices</i> . CABI.		

<sup>17</sup> No todas las variedades han sido evaluadas por la UPRM. Son variedades con características adaptables al trópico.

# Plagas de las hortalizas en sistemas de túneles para cultivos

---

Prof. Ada Alvarado

4.0

## 4.0 Plagas de las hortalizas en sistemas de túneles para cultivos

Prof. Ada Alvarado

### Solanáceas

#### Minador de los vegetales

*Liriomyza trifolii*

Por lo general, el adulto de esta mosca (C) inserta sus huevos en la epidermis de la hoja y aproximadamente dos días después éstos eclosionan y las larvas (A) comienzan inmediatamente a alimentarse del tejido entre la epidermis de la hoja. Al alimentarse, van dejando unos caminos o minas (B) en la epidermis de las hojas. Los pinchazos causados por las hembras mientras se alimentan y durante la oviposición se observan como puntos a través de la hoja, especialmente en la punta y a lo largo de los márgenes.

La presencia de minas en las hojas puede reducir el crecimiento de las plantas. Cultivos como el tomate pueden tolerarlo y pueden ser capaces de tolerar este daño, pero no más de tres minas por hoja sin afectar su rendimiento económico.



Figura 4.1. (A) Larva (Buss, s.f.<sup>d</sup>); (B) Daño/mina (Castner, s.f.); (C) Adulto (Buss, s.f.<sup>a</sup>)

#### Gusano alfiler

*Keiferia lycopersicella*

El gusano alfiler del tomate es una alevilla pequeña. Los estados larvales, (tercero y cuarto), se alimentan del follaje, pegan el tejido y doblan la hoja. Además, pueden entrar al tallo y también hacen pequeños orificios bajo el cáliz de la fruta, a la cual penetra causando daño vertical tipo alfiler.

Las larvas se alimentan de hojas, tallos y frutos. La lesión inicial es leve y aparece como una mina pequeña (A). Según las lesiones van avanzando, se observan dobleces en las hojas. Las larvas maduras pueden abandonar la hoja y perforar la fruta dejando un pequeño agujero del tamaño de un alfiler. El daño secundario se produce cuando los tejidos de las plantas se infectan con algún patógeno y la planta muere o la fruta se pudre. Aproximadamente del 60 al 80 por ciento de las frutas de tomate pueden infestarse.



Figura 4.2. (A) Lesión inicial (Waddill, s.f.); (B) Lesión foliar (Schuster, s.f.); (C) Doble de la hoja (Hayden & Lee, 2013)

### **Mosca blanca del tomate/mosca blanca de la batata**

*Bemisia tabaci* *ennadius* y *B. argentifolii*

Los adultos de *B. tabaci* depositan sus huevos en círculos en el envés de las hojas (es allí donde debe mirar al monitorear). En 5 a 7 días eclosionan (nacen) las ninfas. Las moscas blancas son insectos pequeños, blancos, parecidos a una alevilla. Son comunes en la mayoría de las hortalizas. El adulto mide aproximadamente 0.9 mm (macho) a 1.1 mm (hembra) de largo, con cuatro alas que le cubren todo el cuerpo. Tienen una cubierta cerosa sobre el cuerpo y alas que le dan una apariencia de color blanco sobre un cuerpo amarillo. Su ciclo de vida tiene siete etapas: huevo, cuatro estados ninfales, pupa y adulto. Los huevos inicialmente son amarillentos, pero cerca de la eclosión se vuelven de color marrón liliáceo. Solo el primer estado de ninfa se mueve (camina), los restantes se mantienen sin moverse en la parte inferior de la hoja. Las pupas de mosca blanca son ovaladas. Puede completar su ciclo de vida entre 21 a 26 días. Tanto adultos como inmaduros se alimentan de la savia de las plantas. A medida que se alimentan, excretan melaza; una sustancia pegajosa que favorece el crecimiento del moho hollín negro. Infestaciones altas de mosca blanca pueden causar retraso en el crecimiento, amarillamiento de las hojas, caída de las hojas y disminución del vigor general de las plantas.



Figura 4.3. *Bemisia tabaci* en tomate (Amador Irure, Mederos, & López Meza, 2012)

Son insectos chupadores que han desarrollado resistencia a muchos plaguicidas sintéticos, haciendo el control químico uno difícil y retante. La prevención es la mejor práctica de manejo.

### **Oruga cogollera del maíz**

(*Spodoptera frugiperda*)

La oruga cogollera del maíz (*S. frugiperda*), conocida también como gusano de ejército y cuerudo, puede en algunos momentos, atacar severamente varios tipos de hortalizas como la cebolla, el pimiento, la berenjena y el repollo, entre otros; pero es más frecuente en el tomate.



Figura 4.4. (A) Gusano de ejército y cuerudo (Smith, 1990) (B y C) Daño en tomate (ADAMA México, 2019)

La hembra deposita sus huevos de color blanco cremoso en masas en la superficie de distintas partes de la planta. Las larvas varían de color verde olivo a gris y tienen franjas oscuras en los costados. Además, se pueden observar cuatro puntos negros en la parte dorsal de cada segmento abdominal. Otra característica de este insecto es una marca en la cabeza parecida a una “Y” invertida. El adulto es una alevilla gris con manchas negras y blancas. Con sus alas extendidas puede medir hasta 1.37 pulgadas. El ciclo de vida (huevo a adulto) puede completarse en aproximadamente 39 días. El daño principal es ocasionado por las larvas, las mismas se alimentan y perforan las flores, los renuevos y las frutas. Se ha observado hasta un 75% de pérdidas en las frutas por daño de *S. frugiperda*.



Figura 4.5. *Sodoptera frugiperda* (Buss, s.f.g)



Figura 4.6. (A) Larva (Alvarado, 2014); (B) Adulto y daño a semillas por *Anthonomus eugenii* (Alvarado, 2014)

### **Picudo del pimiento**

*Anthonomus eugenii*

Su presencia se detectó en Puerto Rico por primera vez en 1982. En el 1995 reapareció en toda la Isla como una plaga de importancia que ataca todo tipo de pimientos y otras hortalizas de importancia. Destruye las flores y frutas inmaduras. Tanto la larva como el adulto

se alimentan de las frutas inmaduras y causan su caída. Acabadas de nacer, las larvas son de color blanco, aproximadamente de 1 mm de largo, sin patas. Al crecer se tornan blanco-grisáceo con cabeza marrón y aparato bucal oscuro. Al completar su desarrollo, son cilíndricas y de alrededor de 6 mm de largo.

En ocasiones, se observan frutas deformes. La caída de frutas es el signo principal a observar para detectar la presencia de este. Cuando las larvas se alimentan de las frutas, estas se tornan color marrón. Los tallos de frutas infestadas se tornan amarillos y las frutas se tornan amarillas o rojas prematuramente.

Si no se controla adecuadamente y se actúa con prontitud, las pérdidas pueden llegar al 60%. Los adultos

sobreviven y continúan su ciclo de vida mientras tengan alimento disponible. La etapa de huevo dura de 3 a 5 días. La larva se alimenta dentro de la fruta. En total son tres etapas larvales (12 días). La etapa de pupa también ocurre dentro de la fruta y toma alrededor de 5 días. Una vez llega a la etapa de adulto (dentro de la fruta), este perfora la fruta y sale.



Figura 4.7. (A, B, C) Frutas inmaduras de pimiento y ají dulce afectadas por el picudo del pimiento (Alvarado, 2012-2014)

## Liláceas

### Trípidos

#### *Thrips tabaci*

Esta especie es polífaga, reportándose en más de 300 especies de plantas, tales como el pepinillo, melón, repollo y algodón. Sin embargo, prefiere la cebolla sobre otros cultivos. *T. tabaci* es un insecto diminuto de color amarillo en su etapa ninfal y marrón en su etapa adulta. Tanto las ninfas como los adultos ocasionan daño a la planta de cebolla. El daño principal son raspaduras en el punto de crecimiento y a lo largo de la hoja. Las hojas afectadas presentan manchas blanquecinas o plateadas y puntas quemadas. Ataques severos causan, además, rizado de la hoja u hojas arrugadas o retorcidas.

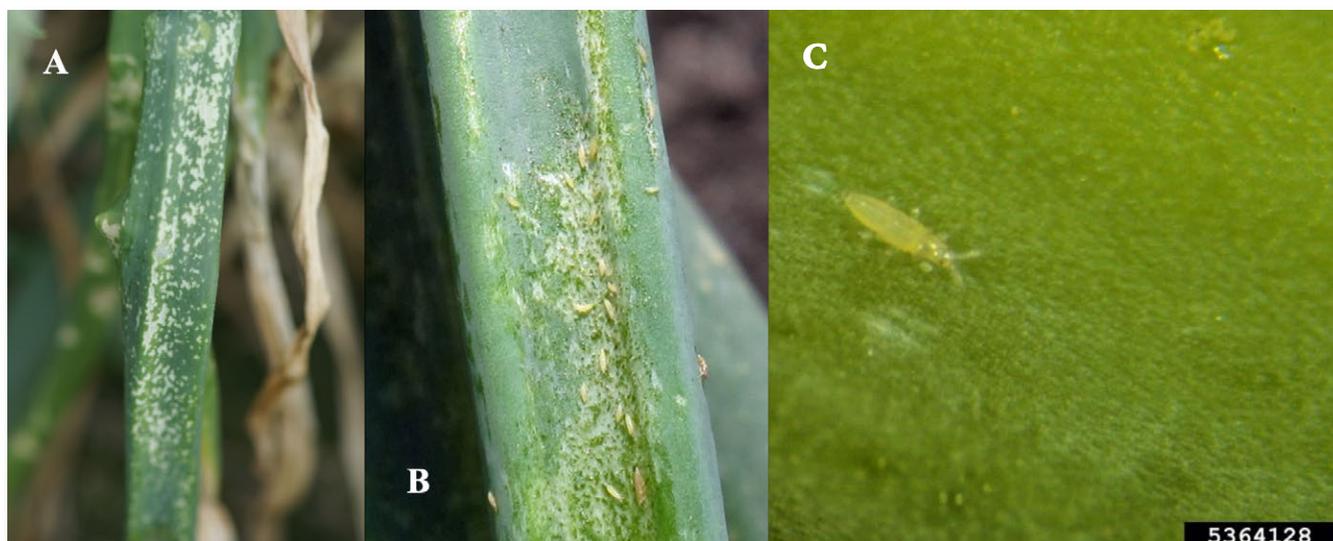


Figura 4.8. (A) Daño por *Thrips tabaci* (Alvarado, 2013) (B) Adulto (Onion thrips feeding on an onion leaf, s.f.) (C) *Thrips tabaci* (Cranshaw, 2008)

**Minador de la hoja***Liriomyza spp.*

Es el insecto causante de minas o serpentinillas en el follaje de la cebolla. Los adultos se alimentan de la savia de la planta y son muy activos en las primeras horas de la mañana.

Los adultos son moscas pequeñas negras y amarillas. Las hembras perforan la hoja para alimentarse de la savia de la planta y poner huevos dentro del tejido de la hoja. Tanto los machos como las hembras se alimentan de la savia en estos pinchazos. El punteado que causa estos pinchazos se vuelve más visible con el tiempo a medida que el tejido dañado se seca y se convierte en una cicatriz blanca.

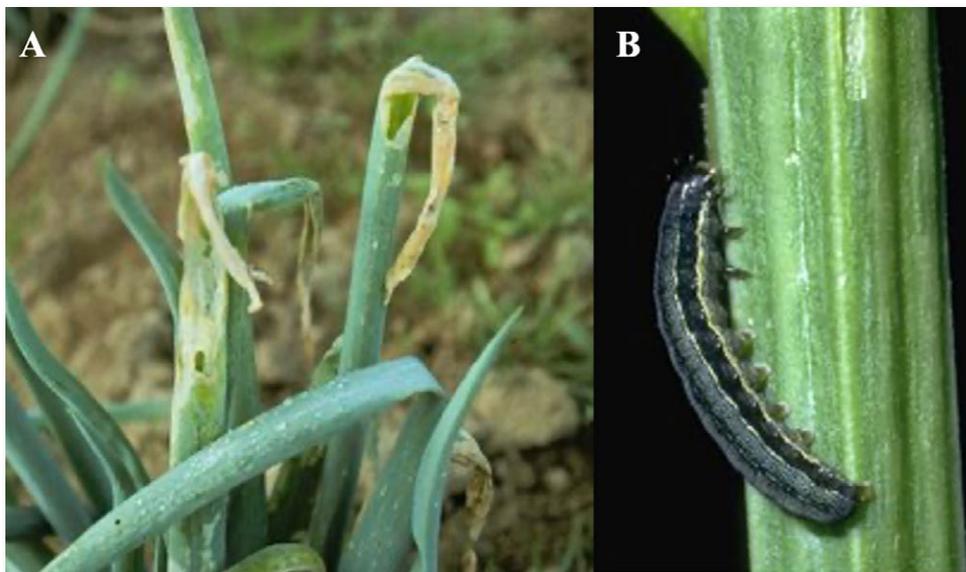
Este minador afecta a un gran número de plantas, pero parece preferir a las *Cucurbitaceae*, *Leguminosae* y *Solanaceae*.



Figura 4.9. Adulto (Buss, s.f.º)



Figura 4.10. Daño/minas (Alvarado, 2014)

**Oruga cogollera del maíz (*Spodoptera spp.*)<sup>1</sup>**Figura 4.11. (A) Daño/perforación del tallo (Caterpillar damage on onion leaves caused by *Spodoptera sp.*, s.f.); (B) Oruga (Jackson, s.f.)

<sup>1</sup> Ver Solanáceas.

## Cruciferáceas

### Alevilla dorso de diamante

*Plutella xylostella*



Figura 4.12. (A) Larva (Buss, s.f.<sup>e</sup>); (B) Daño; (C) Adulto (Buss, s.f.<sup>b</sup>)

El daño a las plantas es causado por las larvas que crean agujeros cuando se alimentan. Aunque las larvas son muy pequeñas, pueden ser bastante numerosas, lo que puede resultar en la pérdida total del tejido foliar, excepto las venas de las hojas. Esto es particularmente dañino para las plántulas y puede interrumpir la formación de espigas en repollo, brócoli y coliflor. El daño observado es una combinación del daño mecánico del viento con el daño infligido por la larva.

## Cucurbitáceas

### Oruga verde del melón

*Diaphania hyalinata*

Es la plaga más común en el cultivo de la calabaza. También se conoce como el gusano de la calabaza. La larva se alimenta mayormente del follaje, dejando solo las venas principales, dando la apariencia de encaje o velo. Generalmente, pupa en el borde de la hoja donde hace un doblez. En ocasiones, la larva barrena el tallo (bejuco), el pecíolo de las hojas o el pedúnculo de las frutas.

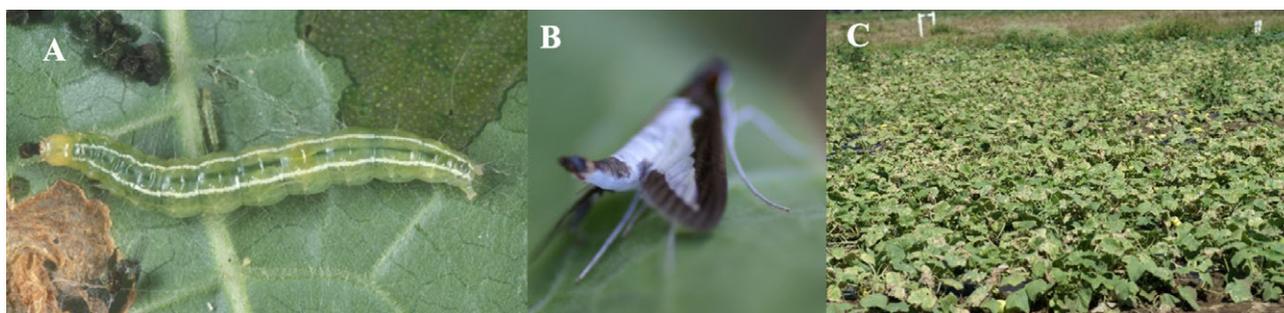


Figura 4.13. (A) Larva (Buss, s.f.<sup>f</sup>); (B) Adulto; (C) Daño (Alvarado, 2011)

**Medidor o agrimensur verde “Looper”***Pseudoplusia includens*

En Puerto Rico se observan dos especies de medidores atacando el cultivo de las calabazas. El más común es *Pseudoplusia includens*. El daño causado por estos es similar al de *D. hyalinata*.



Figura 4.14. Larva (Alvarado, 2011)

**Mosca blanca***Bemisia argentifolii*

Se conoce como la mosca blanca de las pascuas. Esta especie es bastante agresiva. Generalmente, se encuentra en el envés de las hojas y vuela rápidamente al moverse el follaje. El daño principal es causado por las etapas inmaduras al chupar la savia de las hojas. Causa amarillamiento o clorosis en las hojas y en ocasiones se observa marchitez.

**Referencias**

- ADAMA México. (2019, marzo 22). *Ataque a nuestros tomates. Campeones están atacando a nuestros tomates. ¿Alguno de ustedes sabe qué gusano es y cómo eliminarlo? #DiagnosticoADAMA* [Imagen] [Actualización de estatus]. Facebook. <https://www.facebook.com/adamamexico/posts/1204571936386564/>
- Amador Irure, B., Mederos, D., & López Meza, M. (2012, enero 31) Control actual y perspectivas de mosquita blanca en tomate. *Horticultivos*. <https://www.horticultivos.com/agroquimicos/fitosanidad/control-actual-y-perspectivas-de-mosquita-blanca-en-tomate/>
- Buss, L.J. (s.f.<sup>a</sup>). *Adult American serpentine leafminer, Liriomyza trifolii (Burgess)* [Imagen]. University of Florida, IFAS Extension. <https://edis.ifas.ufl.edu/pdffiles/IN/IN50600.pdf>
- Buss, L.J. (s.f.<sup>b</sup>). *Adult diamondback moth, Plutella xylostella (Linnaeus)* [Imagen]. University of Florida, IFAS Extension. [https://edis.ifas.ufl.edu/LyraEDISServlet?command=getImageDetail&image\\_soid=FIGURE%203&document\\_soid=IN276&document\\_version=3574](https://edis.ifas.ufl.edu/LyraEDISServlet?command=getImageDetail&image_soid=FIGURE%203&document_soid=IN276&document_version=3574)
- Buss, L.J. (s.f.<sup>c</sup>). *Adult vegetable leafminer Liriomyza sativae Blanchard* [Imagen]. University of Florida, IFAS Extension. [https://edis.ifas.ufl.edu/LyraEDISServlet?command=getImageDetail&image\\_soid=FIGURE%201&document\\_soid=IN507&document\\_version=51873](https://edis.ifas.ufl.edu/LyraEDISServlet?command=getImageDetail&image_soid=FIGURE%201&document_soid=IN507&document_version=51873)
- Buss, L.J. (s.f.<sup>d</sup>). *Larva of the American serpentine leafminer, Liriomyza trifolii (Burgess), exposed from a leaf mine* [Imagen]. University of Florida, IFAS Extension. <https://edis.ifas.ufl.edu/pdffiles/IN/IN50600.pdf>
- Buss, L.J. (s.f.<sup>e</sup>). *Larva of the diamondback moth, Plutella xylostella (Linnaeus)* [Imagen]. University of Florida, IFAS Extension. [https://edis.ifas.ufl.edu/LyraEDISServlet?command=getImageDetail&image\\_soid=FIGURE%201&document\\_soid=IN276&document\\_version=3574](https://edis.ifas.ufl.edu/LyraEDISServlet?command=getImageDetail&image_soid=FIGURE%201&document_soid=IN276&document_version=3574)
- Buss, L.J. (s.f.<sup>f</sup>). *Mature larva of melonworm, Diaphania hyalinata Linnaeus* [Imagen]. University of Florida, IFAS Extension. [https://edis.ifas.ufl.edu/LyraEDISServlet?command=getImageDetail&image\\_soid=FIGURE%202&document\\_soid=IN320&document\\_version=6626](https://edis.ifas.ufl.edu/LyraEDISServlet?command=getImageDetail&image_soid=FIGURE%202&document_soid=IN320&document_version=6626)
- Buss, L.J. (s.f.<sup>g</sup>). *Typical adult male fall armyworm, Spodoptera frugiperda (J.E. Smith)* [Imagen]. University of Florida, IFAS Extension. [https://edis.ifas.ufl.edu/LyraEDISServlet?command=getImageDetail&image\\_soid=FIGURE%206&document\\_soid=IN255&document\\_version=42269](https://edis.ifas.ufl.edu/LyraEDISServlet?command=getImageDetail&image_soid=FIGURE%206&document_soid=IN255&document_version=42269)

- Capinera, J. L. (2017). *American Serpentine leafminer: Liriomyza trifolii* (Burgess) (Insecta: Diptera: Agromyzidae). EENY254. University of Florida IFAS Extension. <https://edis.ifas.ufl.edu/pdffiles/IN/IN50600.pdf>
- Capinera, J. L. (2017). *Diaphania hyalinata* Linnaeus (Insecta: Lepidoptera: Crambidae). EENY163. University of Florida IFAS Extension. <https://edis.ifas.ufl.edu/in320>
- Capinera, J. L. (2000). *Plutella xylostella* (Linnaeus) (Insecta: Lepidoptera: Plutellidae). EENY119. University of Florida IFAS Extension. <https://edis.ifas.ufl.edu/in276>
- Castner, J. (s.f.). *Mine in tomato leaf caused by Liriomyza leafminer* [Imagen]. University of Florida, IFAS Extension. <https://edis.ifas.ufl.edu/pdffiles/IN/IN50600.pdf>
- Caterpillar damage on onion leaves caused by Spodoptera sp.* [Imagen]. (s.f.). Pestnet. [https://www.pestnet.org/fact\\_sheets/shallot\\_spodoptera\\_army\\_worm\\_178.htm](https://www.pestnet.org/fact_sheets/shallot_spodoptera_army_worm_178.htm)
- Cranshaw, W. (2008). *Onion thrips (Thrips tabaci)* [Imagen]. Bugwood.org. <https://www.forestryimages.org/browse/detail.cfm?imgnum=5364128>
- Dara, S.K., Natwick, E.T., & Orloff, S.B. (2018). *Agriculture: Onion and Garlic Pest Management Guidelines Leafminers Liriomyza spp.* UC IPM Pest Management Guidelines Publication 3453. <https://www2.ipm.ucanr.edu/agriculture/onion-and-garlic/Leafminers/>
- F.L. Mau, R., Martin Kessing, J. L. (2007). *Liriomyza trifolii* (Burgess). Department of Entomology, University of Hawaii at Manoa. [http://www.extento.hawaii.edu/kbase/crop/Type/liriom\\_t.htm](http://www.extento.hawaii.edu/kbase/crop/Type/liriom_t.htm)
- Hayden, J.E., Lee, S., Passoa, S.C., Young, J., Landry, J.-F., Nazari, V., Mally, R., Somma, L.A., & Ahlmark, K.M. (2013). Larva of Keiferia lycopersicella in eggplant leaf [Imagen]. En *Digital Identification of Microlepidoptera on Solanaceae*. USDA-APHIS-PPQ Identification Technology Program (ITP). <http://idtools.org/id/leps/micro/factsheet.php?name=%3Cem%3EKeiferia+lycopersicella%3C%2Fem%3E>
- Jackson, G. (s.f.). *Late-stage caterpillar, Spodoptera exugia* [Imagen]. Pestnet. [https://www.pestnet.org/fact\\_sheets/shallot\\_spodoptera\\_army\\_worm\\_178.htm](https://www.pestnet.org/fact_sheets/shallot_spodoptera_army_worm_178.htm)
- Onion thrips feeding on an onion leaf* [Imagen]. (s.f.). Michigan State University Department of Entomology. <https://vegetable.ent.msu.edu/extension-2/bulletins/onions/>
- Poe, S.L. (2020). *Tomato Pinworm, Keiferia lycopersicella* (Walshingham) (Insecta: Lepidoptera: Gelechiidae). EENY074. University of Florida, IFAS Extension. <https://edis.ifas.ufl.edu/in231>
- Schuster, D.J. (s.f.). *Leaf folding damage to tomato by the tomato pinworm, Keiferia lycopersicella, (Walshingham)* [Imagen]. University of Florida, IFAS Extension. [https://edis.ifas.ufl.edu/LyraEDISServlet?command=getImageDetail&image\\_soid=FIGURE%206&document\\_soid=IN231&document\\_version=46510](https://edis.ifas.ufl.edu/LyraEDISServlet?command=getImageDetail&image_soid=FIGURE%206&document_soid=IN231&document_version=46510)
- Smith, R. (1990). *Fall armyworm (Spodoptera frugiperda)* [Imagen]. Bugwood.org. <https://www.invasive.org/browse/detail.cfm?imgnum=1858073>
- Waddill, V. (s.f.). *Tomato pinworm, Keiferia lycopersicella* (Walshingham), *damage on tomatoes* [Imagen]. University of Florida, IFAS Extension. [https://edis.ifas.ufl.edu/LyraEDISServlet?command=getImageDetail&image\\_soid=FIGURE%209&document\\_soid=IN231&document\\_version=46510](https://edis.ifas.ufl.edu/LyraEDISServlet?command=getImageDetail&image_soid=FIGURE%209&document_soid=IN231&document_version=46510)

# Enfermedades de las hortalizas en sistemas de túneles para cultivos

---

Prof. Wanda I. Almodóvar Caraballo

5.0

## 5.0 Enfermedades de las hortalizas en sistemas de túneles para cultivos

Prof. Wanda I Almodóvar Caraballo

### Solanáceas

#### Enfermedades causadas por hongos

##### **Moho de la hoja**

*Passalora fulva* (= *Fulvia fulvum*)

El moho de la hoja es común en tomates producidos en invernaderos o en túneles para cultivos donde la humedad es alta y la circulación de aire es limitada. Este hongo infecta las plantas mediante esporas o conidias que son diseminadas en el riego y por las personas al realizar las tareas en la siembra. Los síntomas observados en la parte superior de las hojas son manchas amarillas irregulares que



Figura 5.1. A) Hojas de tomate afectadas por moho de la hoja muestran coloración verde más claro en la superficie. B) En el envés de las hojas las lesiones están cubiertas por micelio del hongo de color verde olivo. Fotos provistas por Evelyn Rosa.

coinciden con el crecimiento del moho color verde olivo en la parte inferior de las hojas. La enfermedad se desarrolla primero en las hojas más viejas como puntos cloróticos que gradualmente forman manchas necróticas y finalmente las hojas se secan y caen. Cuando hay daño severo ocurre defoliación, puede haber muerte de plantas y se pierde la cosecha. El manejo integrado de esta enfermedad incluye prácticas del cultivo como, reducir la humedad ambiental, mejorar el flujo de aire en la siembra y podar las partes afectadas y descartarlas en bolsas fuera del área de producción.

##### **Tizón temprano**

*Alternaria solani*

Esta enfermedad afecta las hojas, tallos y frutos. Típicamente aparece primero en las hojas viejas como manchas de color marrón y áreas de tejido necrótico. Según avanza la enfermedad, las lesiones se agrandan y desarrollan zonas concéntricas, rodeadas con un halo amarillo. La infección puede comenzar en el semillero causando manchas negras, pequeñas y hundidas en los cotiledones y en las hojas. En el tallo principal, ramas, peciolo y pedúnculos se observan lesiones similares que causan que éstos se partan. El hongo invade el fruto por el cáliz y produce esporas de forma abundante en la parte inferior de las hojas. Cuando la infección es severa, ocurre defoliación y los frutos expuestos sufren escaldadura. Este hongo sobrevive en residuos de plantas enfermas hasta por un año, además, es transportado en la semilla. Las malezas de la familia de las solanáceas pueden ser hospederas alternas de este hongo. La infección y producción de esporas se observa más comúnmente en condiciones de humedad y temperaturas altas. Las esporas se diseminan por el viento y la lluvia.



Figura 5.2. A) El tizón temprano se observa en hojas, tallos y frutos. B) En etapas avanzadas, causa amarillez y tizón foliar lo que expone los frutos que sufren escaldadura y reduce la producción. C) En las hojas se forman lesiones ovaladas con bordes amarillos. D) Las lesiones con anillos concéntricos en los tallos son distintivas de esta enfermedad. Fotos: A y B) Paret, M.L., s.f.<sup>c, d</sup> C) Vallad, G.E., s.f.<sup>a</sup> D) Dankers, H., s.f.<sup>d</sup>

### Tizón tardío del tomate

*Phytophthora infestans*

En las hojas, tallos y frutos, los síntomas son manchas grisáceas de apariencia húmeda o grasosa que se expanden rápidamente bajo condiciones húmedas. Se puede observar un crecimiento blanco y difuso en el envés de las hojas; estas se marchitan y ennegrecen rápidamente permaneciendo en el tallo. Las lesiones aparecen en los tallos como áreas acuosas de color verde oscuro o negro. Eventualmente se tornan color marrón y se secan. Las lesiones en los pedúnculos, peciolo, tallos y frutos resultan en el colapso total de la planta. El tizón tardío tiene el potencial de propagarse rápidamente y puede ser muy destructivo. Este hongo se disemina por el aire y puede ser introducido a una siembra en los trasplantes. Su desarrollo se favorece en periodos frescos y húmedos y sobrevive en plantas silvestres o abandonadas de tomate y desechos de cosecha.



Figura 5.3. A, B y C) El tizón tardío causa manchas necróticas en las hojas y necrosis en los tallos con desarrollo de micelio blanco encima de los tejidos infectados. D y E) En los frutos se observa una pudrición firme de apariencia grasosa. Fotos: A y B) Nelson, S., 2019 C, D y E) provistas por Evelyn Rosa

**Sancocho, tizón foliar, pudrición de raíz, pudrición del fruto***Phytophthora nicotianae* var. *Parasítica*, *Phytophthora capsici*

El síntoma más distintivo de esta enfermedad es la aparición de lesiones color marrón en las raíces. La pudrición de la raíz puede ocurrir en cualquier etapa de desarrollo de la planta. El interior de las raíces muestra un color amarillento a marrón. En climas cálidos se retrasa el crecimiento de las plantas infectadas, estas se marchitan y pueden morir. Los síntomas en los frutos son manchas de color castaño con anillos concéntricos. Los frutos se pudren, principalmente si están en contacto con el suelo. El hongo puede causar lesiones aceitosas de color púrpura a marrón en el tallo. Las plantas pueden infectarse en cualquier etapa de desarrollo. El daño será mayor en suelos compactados, con mal drenaje o con exceso de riego. El tizón foliar por *P. capsici* causa lesiones oscuras en los tallos lo que provoca que colapsen. Las plantas afectadas se marchitan. Se pueden observar esporangios, estructuras reproductivas donde se encuentran las esporas (zoosporas) creciendo sobre la áreas afectadas. En las hojas se desarrollan manchas circulares de color marrón con el área central de color cremoso y apariencia acuosa.

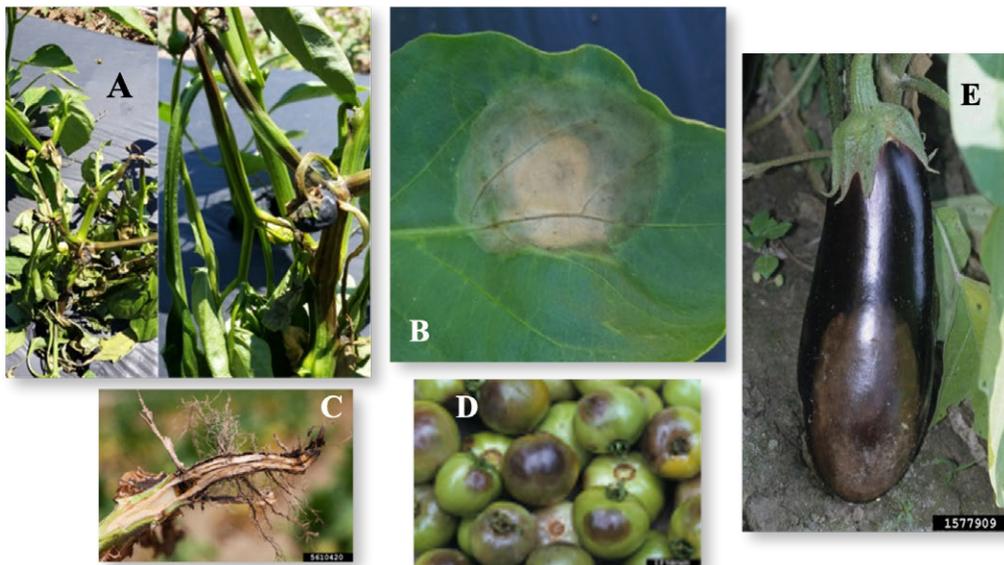


Figura 5.4. A) El tizón foliar causa lesiones oscuras en los tallos. B) En las hojas, las manchas son circulares, color marrón y con centros cremosos y de apariencia acuosa. C) Daño interno en las raíces causado por *Phytophthora*. D) Las manchas en los frutos son de color marrón y forman anillos concéntricos al agrandarse. E) Lesiones blandas en fruto de berenjena afectada por *P. capsici*. Fotos: A y B) Paret, M.L., s.f.<sup>1</sup> C y D) Holmes, G., 2010<sup>b</sup> a E) Holmes, G., 2001.

**Tizón sureño***Sclerotium rolfsii*

Esta enfermedad se caracteriza por causar una podredumbre de color marrón o negro en la zona del tallo cerca de la línea del suelo. La lesión se desarrolla con rapidez, rodeando completamente el tallo y en plantas jóvenes, este se parte a nivel de la base del suelo. En condiciones de humedad apropiada se observa el crecimiento blanco del hongo sobre esta zona y sobre el suelo. Los síntomas se pueden presentar en cualquier etapa de desarrollo del cultivo, ocurriendo marchitez y finalmente la muerte de las plantas. El tejido afectado por *Sclerotium* se ve acuoso y blando. Una característica muy peculiar de este hongo que ayuda en su identificación es que produce un micelio blanco en forma de abanico que se ramifica rápidamente. Luego, se producen esclerocios muy pequeños de color marrón, parecidos a semillas de mostaza, que son

las estructuras de sobrevivencia del hongo e infectan futuras siembras al diseminarse en el suelo infectado, desechos de plantas enfermas y en equipo y maquinaria contaminados.

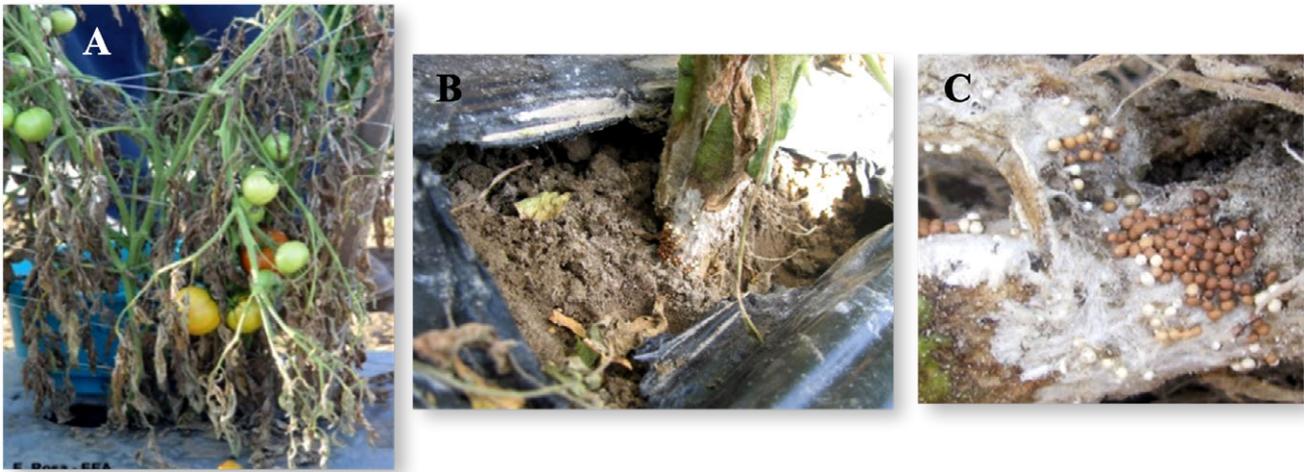


Figura 5.5. A) El tizón sureño causa la marchitez total de la planta. B) Ocurre una pudrición de la base del tallo y se observa el micelio blanco creciendo sobre esta zona. C) Se desarrollan esclerocios encima del micelio que permanecen en el suelo e infectan otras plantas. Fotos: A) provista por Evelyn Rosa. B y C) Eubanks, S., 2014.

### Mancha foliar

*Septoria lycopersici*

La mancha foliar por *Septoria* es una de las enfermedades más destructivas del follaje del tomate; está ampliamente distribuida por todo el mundo. Ocurre con mayor severidad en lugares donde la humedad alta persiste por períodos prolongados. Todos los cultivares de tomate son susceptibles a *Septoria*. Los primeros síntomas observados son manchas circulares con bordes de color marrón oscuro y centros más claros en las hojas bajas, una vez los primeros frutos han cuajado. También se producen lesiones en los tallos, peciolo y cáliz. Si la incidencia de esta enfermedad aumenta, ocurre amarillamiento del follaje y luego marchitez. No es común observar síntomas en la fruta. Este hongo puede sobrevivir en residuos de cosecha, estacas y en la semilla. Una vez introducido, se propaga por medio de las personas, herramientas, insectos y en agua contaminada al salpicar.



Figura 5.6. A y B) Manchas circulares con bordes marrón oscuro y amarillez causadas por *S. lycopersici*. C) Se observan lesiones en los tallos, peciolo y frutos. Fotos: A) Zitter, T.A., s.f.<sup>a</sup> B) Rose, M., 2016 C) Zitter, T.A., s.f.<sup>a</sup>

**Antracnosis***Colletotrichum spp.*

Es una de las pudriciones más comunes del fruto en las solanáceas. El fruto es más susceptible cuando está maduro, pero este patógeno puede infectar también los frutos pequeños y verdes. Los síntomas comenzarán a verse cuando la fruta empieza a madurar. El primer síntoma es la aparición de lesiones circulares ligeramente hundidas que pueden agrandarse con el tiempo y desarrollar anillos concéntricos. Según avanza la enfermedad, el centro de las manchas se oscurece y se producen esporas de color rosa-naranja. En presencia de humedad, ya sea por la lluvia al salpicar o por el riego, las esporas se dispersan en el mismo fruto o a otros frutos, desarrollando lesiones nuevas. Cuando los frutos están infectados, aparecen otros organismos descomponedores que ingresarán al tejido enfermo. En frutas cercanas al suelo, la probabilidad de infección es mayor.



Figura 5.7. A y B) Los síntomas en los frutos comienzan como lesiones circulares, acuosas y levemente hundidas que luego toman un color cremoso. C) Las lesiones se agrandan y ennegrecen afectando todas las partes del cultivo. Fotos: A y B) Paret, M.L., s.f.<sup>m.1</sup> C) Provista por Evelyn Rosa.

**Podredumbre o moho gris***Botrytis cinerea*

Este hongo puede afectar todas las partes aéreas de la planta. Se observa un moho gris que crece sobre el tejido necrótico y con frecuencia se confunde con otros hongos. El moho gris comienza como lesiones de color pardo en el follaje que según avanza la enfermedad, infecta los renuevos, peciolos y tallos. En el fruto se observa una pudrición blanda acuosa y la piel se rompe. Las infecciones suelen producirse a partir del cáliz, por lo que los síntomas cubren la mitad superior del fruto. Si los frutos tienen contacto con la infección, desarrollan pudrición. Esta enfermedad es muy agresiva, tanto que el follaje sobre la lesión se marchita. Puede sobrevivir en el tejido de la planta y en la materia orgánica que está sobre el suelo.



Figura 5.8. A) Hojas senescentes o con heridas son susceptibles a Botrytis. B) En los tallos, la infección comienza en las heridas que quedan al deshojar. C) En frutos verdes se desarrollan lesiones superficiales o ghost spots que no causan pudrición. D) En la poscosecha, el hongo entra a los frutos maduros por las zonas agrietadas del cáliz. Fotos: A, B y D) ADAS, 2012 C) Hayman, G., 2012.

**Añublo polvoriento**

*Leveillula taurica*

Se observan áreas de color verde claro a amarillo, manchas necróticas y anillos concéntricos en la parte superior de las hojas de mediana edad o más viejas. Por lo general, la esporulación marrón se puede ver en la parte inferior de estas manchas amarillas. Si la enfermedad progresa, las manchas se unen y ocurre la muerte del follaje. El añublo polvoriento puede extenderse rápidamente y causar defoliación total de la planta, lo que resulta en mayores pérdidas en el cultivo y reducción en el tamaño de los frutos. El manejo de esta enfermedad es difícil, aún con el uso de variedades resistentes.



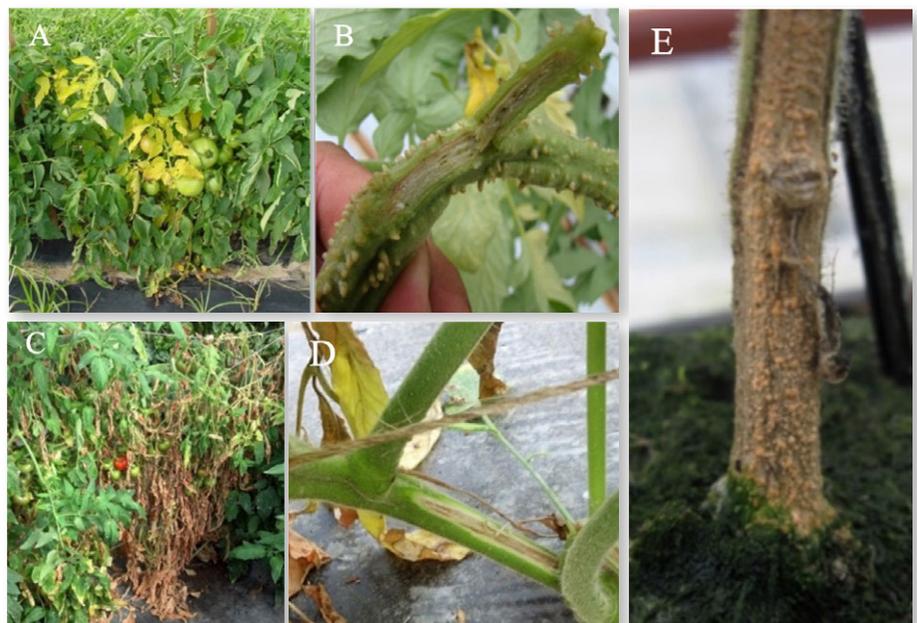
Figura 5.9. A) El añublo polvoriento comienza infectando las hojas bajas. B) Se puede extender rápidamente y causar defoliación. Fotos provistas por Evelyn Rosa.

**Marchitez vascular, pudrición de la raíz y de la corona por Fusarium**

*Fusarium oxysporum f.sp. lycopersici, Fusarium oxysporum f.sp. radicis-lycopersici*

Esta enfermedad es de distribución mundial y causa grandes pérdidas en los solanáceos. El hongo sobrevive en los restos de plantas de cultivos anteriores. Puede permanecer en el suelo por aproximadamente 6 años. Las temperaturas y humedad altas favorecen su desarrollo. Cuando el hongo penetra por el tallo o por las raíces superficiales, este continúa hacia los haces vasculares trasladándose a toda la planta. Las plántulas afectadas no se desarrollan. En plantas maduras, el tejido vascular tiene coloración marrón oscura y los tallos afectados se ensanchan causando marchitez y muerte de las plantas. En la pudrición de la raíz y de la corona por *Fusarium* se observa amarillez en los márgenes de las hojas seguidos por necrosis severa. Los síntomas comienzan con amarillamiento de las hojas jóvenes seguido por las hojas viejas; puede ocurrir marchitez rápida de las plantas. Se observa decoloración interna en el tallo; la parte baja del tallo (corona) se observa cubierta por masas de esporas de color anaranjado.

Figura 5.10. A) Los síntomas causados por Fol tienden a observarse en parchos y rara vez atacan toda la siembra. B) En plántulas de tomate, se decolora el interior del tallo similar a marchitez bacteriana pero saldrá negativa a la prueba de flujo bacteriano al colocar un tallo en agua. C, D y E) Los síntomas causados por Fol-radici comienzan con amarillez de los márgenes foliares seguido de necrosis severa y decoloración interna del tallo. La base de la planta muestra tejido necrótico cubierto de masas de esporas de color anaranjado. Fotos: A) Dankers, H., s.f.<sup>h</sup> B) Paret, M.L., s.f.<sup>b</sup> C, D y E) Vallad, G.E., s.f.<sup>b</sup>



## Enfermedades causadas por bacterias

### **Marchitez bacteriana**

*Ralstonia solanacearum*

Los síntomas de marchitez comienzan en las hojas bajas, las cuales se observan flácidas, y luego ocurre una marchitez generalizada de la planta. Desde la aparición del primer síntoma hasta la marchitez total de la planta pueden transcurrir de 2 a 3 días. En los tallos de plantas afectadas aparecen raíces adventicias. Al hacer un corte del tallo se observa un exudado acuoso y decoloración de los haces vasculares de color amarillo a marrón claro que se oscurece a medida que avanza la enfermedad. Para realizar un diagnóstico rápido, se coloca un tallo recién cortado en agua y se observa el flujo bacteriano de apariencia lechosa. Esta bacteria puede sobrevivir en el suelo e infectar las raíces a través de aberturas naturales al formarse las raíces secundarias o por heridas causadas durante el trasplante, en herramientas durante el cultivo, y por nemátodos o insectos. Puede propagarse en el agua de riego, en el medio de cultivo y a través de plantas enfermas. Las temperaturas cálidas (29-35°C) y humedad alta en el medio de cultivo favorecen esta enfermedad.

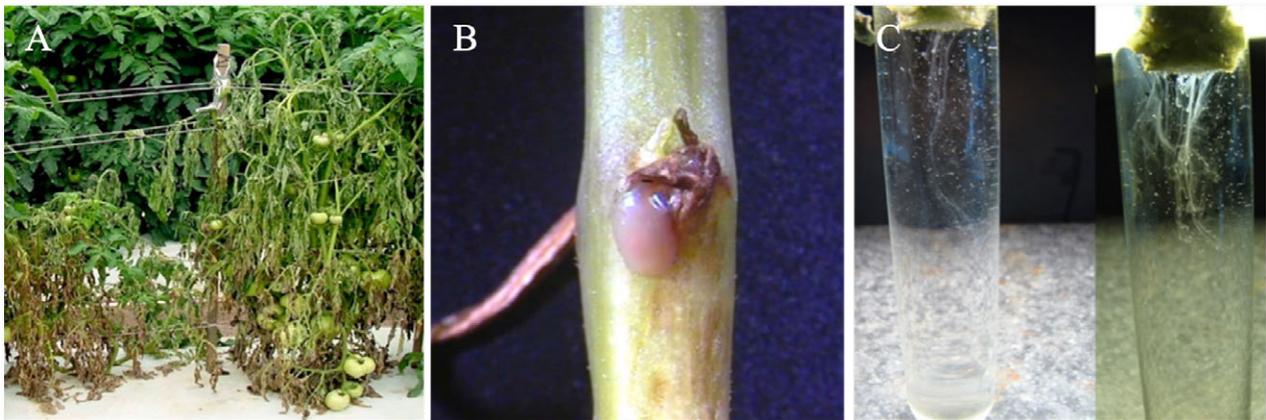


Figura 5.11. A) Marchitez generalizada causada por *R. solanacearum*. B) Se puede observar flujo bacteriano saliendo del tallo. C) La prueba de flujo bacteriano en agua es una prueba rápida que puede realizarse en condiciones de campo. Fotos: Dankers, H., s.f.<sup>a, c, b</sup>

### **Mancha bacteriana**

*Xanthomonas euvesicatoria*

Esta enfermedad es severa en condiciones de alta humedad y temperatura. Los cultivos de pimiento y tomate pueden sufrir pérdidas considerables debido a la defoliación y los frutos severamente dañados causados por esta enfermedad bacteriana. Se observan lesiones circulares acuosas de color marrón en las hojas, tallos y ramas. En el fruto, estas lesiones comienzan como ampollas diminutas ligeramente elevadas sobre la superficie. Según avanza la infección, las lesiones se observan hundidas en el centro y elevadas en los bordes. En infecciones severas se observa amarillamiento y quemazón del follaje. Esta bacteria sobrevive en plantas voluntarias, residuos de plantas enfermas y en la semilla. Se disemina mayormente en el agua de lluvia al salpicar y en las labores de cultivo por los trabajadores. También puede penetrar la planta por las estomas o heridas causadas por insectos o partículas de suelo.

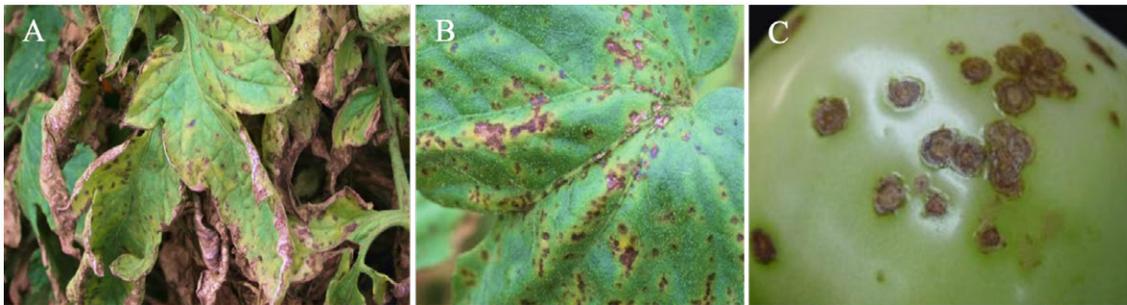


Figura 5.12. A y B) La mancha bacteriana se caracteriza por manchas de color marrón rojizo diseminadas por toda la hoja. C) En los frutos, las manchas son circulares y de apariencia corchosa. Fotos: A y B) UKVegetable IPM Team, s.f.<sup>b</sup> C) Provista por Evelyn Rosa.

### **Peca bacteriana**

*Pseudomonas syringae*

Los síntomas en el follaje y en los frutos varían desde pequeñas lesiones de color marrón hasta lesiones negras con una aureola color amarillo brillante. Es más frecuente cuando las condiciones ambientales son frescas y lluviosas. Afecta las hojas, tallos y frutos. Según avanza la enfermedad, las lesiones pueden unirse y formar grandes áreas de follaje afectado y ocurre defoliación. Es difícil diferenciar los síntomas foliares causados por peca bacteriana y por mancha bacteriana causada por *X. campestris* pv. *vesicatoria*. En frutos verdes, las lesiones son pequeñas y hundidas.



Figura 5.13. UK Vegetable IPM Team, s.f.<sup>a</sup>

## Enfermedades causadas por virus

### **Virus de la mancha clorótica del tomate (TCSV)**

El TCSV es transmitido por tripsidos. Este insecto debe detectarse y controlarse a tiempo en el cultivo para que no haya pérdidas económicas. Los síntomas en tomate incluyen manchas necróticas en hojas, peciolo y tallos, muerte de los puntos de crecimiento y marchitez.



Figura 5.14. A, B y C) Daño por TCSV en ají dulce donde causa clorosis, deformación de las hojas y manchas necróticas en forma de anillo. B) En tomate y pimiento campana se caracteriza por causar necrosis en diferentes partes de la planta. Este virus es transmitido por el tripsido, *Frankliniella schultzei*. Fotos provistas por Ermita Hernández (A) y Consuelo Estévez (B, C).

## Cucurbitáceas

### Enfermedades causadas por hongos

#### Añublo lanoso

*Pseudoperonospora cubensis*

El añublo lanoso afecta todas las cucurbitáceas, incluyendo las malezas. Esta enfermedad es más severa en el pepinillo y el melón, aunque también afecta la calabaza y la sandía. Se favorece en períodos lluviosos y cálidos. Su diseminación es básicamente por el viento, la lluvia al salpicar cuando cae al suelo, los trabajadores al manipular las plantas, la maquinaria agrícola y los insectos. En pepinillo, los síntomas son manchas amarillentas en el haz de las hojas limitadas por las venas. Las manchas o lesiones crecen y se unen hasta que las hojas se secan completamente. En períodos de mucha lluvia, se puede observar un crecimiento lanoso de color gris azulado en el envés de las hojas, que son las esporas del hongo y facilitan el diagnóstico de la enfermedad. La enfermedad comienza en las hojas cercanas al tallo principal desde donde se propaga hacia las otras hojas. La defoliación prematura de las plantas evita la formación y desarrollo de flores y frutos, los cuales pierden sabor y color y, por consiguiente, calidad y valor en el mercado.

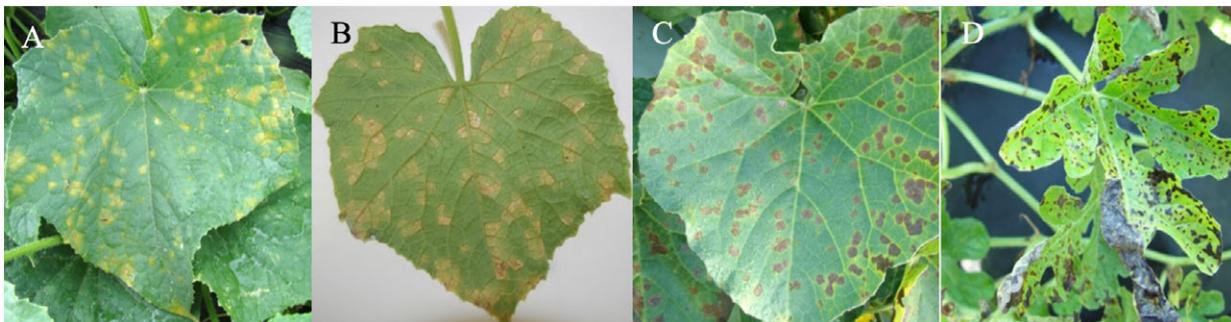


Figura 5.15. A y B) Manchas amarillentas en el haz y envés de las hojas de pepinillo. C) Lesiones en melón cantaloupe. D) Las lesiones en sandía son distintas a las observadas en otras cucurbitáceas, observándose necróticas y oscuras. Fotos: A y C) Paret, M.L., s.f<sup>1</sup>

#### Tizón gomoso

*Didymella bryoniae*

El tizón gomoso ataca todos los cucurbitáceos. Este hongo es transmitido en la semilla y permanece en bejucos infectados y residuos de cosecha afectando siembras posteriores. Infecta con mayor frecuencia en períodos lluviosos. Los síntomas se observan en las axilas de las hojas y en los tallos como estrías de color verde que luego toman un color marrón oscuro. Los tallos colapsan y se interrumpe el flujo de agua y nutrientes causando marchitez de las hojas. Algunas veces se observa un exudado gomoso color ámbar saliendo de las lesiones en los tallos. En los bordes de las hojas se observan manchas de color ámbar a marrón oscuro que se agrandan hasta que se marchita todo el follaje. En los frutos se observan lesiones acuosas con exudado gomoso y cuerpos fructíferos (picnidios) del hongo. Las lesiones pueden ser superficiales o invadir el



Figura 5.16. Fotos provistas por Evelyn Rosa.

fruto internamente. La descomposición de los frutos se puede acelerar por la presencia de organismos secundarios.

### **Añublo polvoriento**

*Erysiphe cichoracearum*, *Sphaerotheca fuliginea*

En países de clima tropical es muy raro encontrar a *E. cichoracearum* o *S. fuliginea*, estado perfecto o sexual de este hongo. *Oidium* sp., estado imperfecto o asexual, es la forma más comúnmente encontrada en los países tropicales. Todas las cucurbitáceas son susceptibles a esta enfermedad. Esta enfermedad es muy común en época de sequía, especialmente en terrenos semi-áridos. Las esporas del añublo polvoriento pueden almacenar humedad por lo que pueden germinar en ausencia de ésta y en humedad relativa baja. En las hojas se observan manchas pequeñas con un crecimiento blanco polvoriento en su superficie. Las manchas se van uniendo hasta cubrir toda la hoja. El ataque por este hongo comienza en el envés de las hojas pero, en ataques severos, el crecimiento polvoriento se puede observar en el haz de las hojas y en los peciolo y tallos. Las hojas severamente afectadas se tornan amarillas y se secan. Los frutos rara vez se ven infectados, pero de serlo, su textura y sabor se ven afectados y, por consiguiente, su calidad en el mercado.



Figura 5.17. A) Síntomas de añublo polvoriento en hojas de calabaza, B) Parte superior, envés de las hojas. C) Hojas de sandía con crecimiento blanco polvoriento. D) Fruto de sandía afectado. Fotos: A, B y C) Paret, M.L., s.f.; D) Olson, S.M., s.f.

### **Tizón foliar (“*Alternaria leaf blight*”)**

*Alternaria cucumerina*

Todos los cucurbitáceos pueden ser afectados por esta enfermedad, pero es más común en sandía, *cantaloupe* y pepinillo. Es más común en áreas con lluvias frecuentes y altas temperaturas. Las primeras lesiones aparecen en las hojas más viejas y son manchas pequeñas de color amarillo marrón con bordes de un amarillo más claro. Estas manchas se expanden y forman áreas necróticas de color marrón. Los bordes de las hojas se enrollan hacia adentro y luego mueren, exponiendo el fruto a daños por escaldaduras lo que reduce la calidad y cantidad de frutos mercadeables. El hongo sobrevive de 1-2 años en los residuos de cosecha. Las conidias del hongo se forman luego de períodos de alta humedad relativa y son diseminadas por el viento y la lluvia al caer.

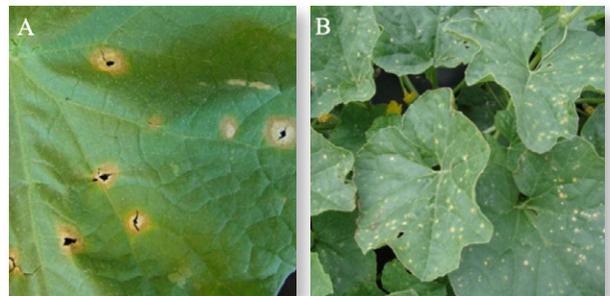


Figura 5.18. A) Dankers, H., s.f.<sup>a</sup> B) Paret, M.L., s.f.<sup>e</sup>

**Antracnosis***Colletotrichum orbiculare*

Esta enfermedad es común en el follaje y los frutos de sandía, melón y pepinillo. La calabaza es menos susceptible. Se pueden observar lesiones en las hojas, peciolo, tallos y frutos. En el pepinillo y el melón, las lesiones aparecen cerca de las venas y son de color marrón claro a rojizo, las hojas se distorsionan y los centros de las lesiones se caen. En los peciolo y tallos, las lesiones son más alargadas y de color crema oscuro. En los frutos se observan lesiones circulares, hundidas y acuosas que en tiempo lluvioso se tornan negras y se cubren con masas de esporas de color rosado. En la sandía, las lesiones son de color marrón a negro con márgenes irregulares y se encuentran asociadas a las venas. Los frutos jóvenes tienen manchas negras, lo que puede llevar a una malformación o aborto del fruto. Este patógeno sobrevive en residuos de plantas infectadas, en plantas voluntarias infectadas y en la semilla de frutos infectados. Las conidias son diseminadas por el viento, la lluvia, los implementos agrícolas y por los trabajadores. El tiempo lluvioso y húmedo propicia el desarrollo de esta enfermedad.

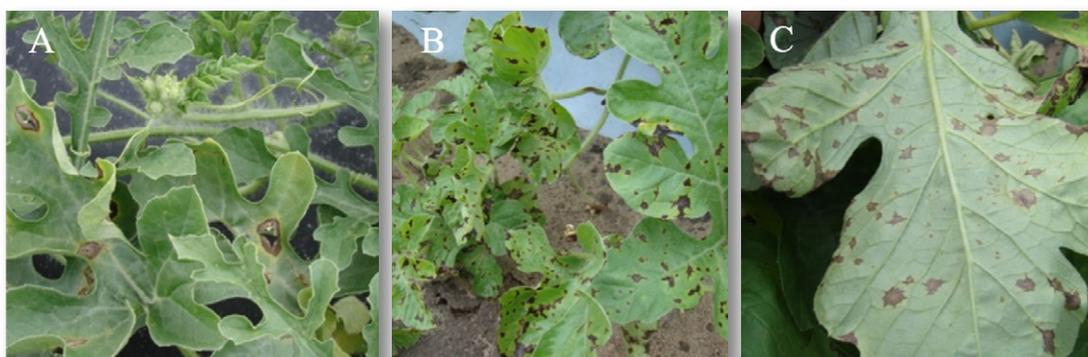


Figura 5.19. A) Lesiones típicas de antracnosis en hojas de sandía. B) Infección temprana en el cultivo. C) Las lesiones son características de la enfermedad por la presencia de zonas "indentadas" en los bordes. Fotos: Paret, M.L., s.f.<sup>h</sup>

**Mancha foliar ("Cercospora leaf spot")***Cercospora citrullina*

Esta enfermedad afecta mayormente la sandía, distintas variedades de melón y el pepinillo, siendo bastante severa en la sandía. Los síntomas se observan mayormente en el follaje pero, si el ambiente es favorable para la enfermedad, pueden aparecer en los peciolo y tallos. Los frutos no son afectados. Los primeros síntomas aparecen en las hojas más viejas y son manchas pequeñas circulares con centros marrón claro. Gradualmente, estas manchas se agrandan y cubren toda la hoja.

En pepinillo y melón las manchas tienen una coloración grisácea con márgenes de púrpura oscuro a negro y el tejido alrededor de estas lesiones se pone clorótico y amarillo. Los centros de las lesiones se caen. En la sandía, las primeras lesiones ocurren en las hojas más jóvenes. En infecciones severas ocurre defoliación lo que resulta en una reducción en el tamaño y calidad del fruto. Este hongo sobrevive en residuos de cosecha y malezas cucurbitáceas. La enfermedad es común en regiones tropicales y subtropicales húmedas. Las esporas son diseminadas por la lluvia.



Figura 5.20. Paret, M. L., s.f.<sup>g</sup>

### Tizón por *Corynespora*

*Corynespora cassicola*

Esta enfermedad es muy severa en el pepinillo y de menor importancia en el melón. No ataca la calabaza ni la sandía. Los primeros síntomas aparecen en las hojas viejas como manchas amarillas limitadas por las venas de las hojas que al agrandarse toman forma circular con centros color marrón claro y bordes marrón oscuro. Las lesiones viejas son color gris y los centros se caen. Este hongo permanece en residuos infectados del cultivo por lo menos 2 años. La enfermedad se favorece por temperaturas altas y días largos, así como por temperaturas que fluctúan durante el día y la noche.



Figura 5.21. Tizón por *Corynespora* en A) calabaza B) pepinillo y C) sandía Fotos: A y B) Dankers, H., s.f.<sup>g</sup> C) Paret, M.L., s.f.<sup>a</sup>

### Enfermedades causadas por bacterias

#### Mancha angular

*Pseudomonas syringae* pv. *lachrymans*

Esta enfermedad bacteriana es la de mayor diseminación en las cucurbitáceas. Es muy común en pepinillos cultivados en regiones cálidas húmedas. La enfermedad aparece primero en las hojas y luego infecta los frutos, y por ende la semilla. Al principio, se observan pequeñas manchas acuosas en las hojas que se van expandiendo. En tiempos de humedad relativa alta, producen un exudado lechoso en la parte inferior de las hojas. Cuando este exudado se seca, se observa como una costra blanca encima de la lesión. Según se desarrolla la enfermedad, las lesiones en las hojas se secan tomando un color marrón claro y luego se caen. En cultivares susceptibles, las lesiones tienen márgenes amarillos. También pueden observarse lesiones en los pecíolos, tallos y frutos. En los frutos se observan manchas pequeñas circulares y acuosas con centros de color crema oscuro. El tejido afectado se observa acuoso y de color marrón y la pudrición puede extenderse hasta el centro del fruto, observándose una pudrición blanda. Esta bacteria se transmite en la semilla. Es diseminada por la lluvia al salpicar el suelo, los insectos, los trabajadores al manipular las plantas y por la maquinaria agrícola. Además, se puede diseminar en el agua de riego y permanece en los residuos de cosecha, persistiendo en hojas secas hasta dos años y medio. La bacteria entra por las estomas, hidátodos y heridas.



Figura 5.22. Holmes, G., 2002

**Pudrición bacteriana del fruto***Acidovorax citrulli*

Los síntomas característicos de esta enfermedad son manchas de color verde olivo oscuro en la superficie del fruto. Al principio se observa una pequeña área acuosa que en periodos de alta humedad relativa se agranda y causa que la corteza se agriete y produzca un exudado de color ámbar. Las lesiones rara vez se extienden al interior del fruto, pero de ocurrir, la semilla se contamina con la bacteria. Las lesiones se expanden rápidamente en los frutos durante las semanas anteriores a la cosecha. Organismos secundarios causantes de pudrición aceleran el proceso de descomposición de los frutos. En las hojas causa lesiones pequeñas de color marrón oscuro y de forma irregular, con bordes acuosos en periodos de alta humedad. Las plántulas pueden mostrar áreas acuosas y necrosis en los cotiledones que se extiende a lo largo de la vena central. La bacteria se transmite en la semilla y permanece en la corteza de frutos infectados y en otros residuos de cosecha. El aumento y diseminación de la enfermedad se favorece en condiciones ambientales húmedas y tibias.



Figura 5.23. Walcott, R., 2005

**Enfermedades causadas por virus**

La mayoría de los virus de mayor importancia en las cucurbitáceas son transmitidos por insectos como los áfidos, mosca blanca, trípidos o escarabajos. También pueden ser transmitidos a través de semillas infectadas y a través de utensilios y equipos sin desinfectar (mecánicamente). Los síntomas en el follaje pueden variar desde mosaico verde, deformación, enrizado, ampollas y distorsión. En los frutos, los síntomas más comunes son manchas verdes o amarillas, protuberancias o deformaciones.

**Virus del mosaico del pepinillo (CMV)**

Este virus está presente en todos los lugares donde se siembran cucurbitáceas. En el pepinillo y el melón este virus causa enanismo severo en las plantas, áreas de mosaico amarillo en las hojas, malformación y reducción del tamaño de las hojas y acortamiento de los entrenudos. La intensidad de los síntomas depende del cultivar infectado, la edad de las plantas y las condiciones ambientales que prevalezcan. Los síntomas más severos se observan en la calabaza y en algunos cultivares de melón. En el pepinillo y la sandía se observan síntomas menos severos. Los frutos infectados se distorsionan, se decoloran y permanecen pequeños. En aquellos frutos severamente afectados, la producción de semillas es muy baja. El CMV tiene un rango de hospederos tan amplio que muchas malezas y cultivos son reservas de este virus. Este virus es transmitido por más de 60 especies de áfidos, incluyendo el pulgón verde, *Myzus persicae*. Además, es transmitido mecánicamente.



Figura 5.24. Seethapathy, P., 2019

**Virus del mosaico de la sandía (WMV-2), virus del anillado de la papaya (PRSV-W) y virus del mosaico amarillo del zucchini (ZYMV)**

Estos virus afectan la mayoría de los cucurbitáceos y muchas especies de leguminosas. Los síntomas causados en las diferentes cucurbitáceas son muy similares y dependen de la especie de cucurbitácea afectada. Los síntomas observados en las hojas son mosaicos de color verde, arrugamiento, anillos cloróticos y malformación. Pueden sobrevivir en leguminosas silvestres y otras plantas de las Malvaceae y Chenopodiaceae. Los síntomas virales causados por WMV-2, PRSV-W y ZYMV en cucurbitáceos son similares y difíciles de identificar a nivel de campo. Pueden afectar el follaje y los frutos.



Figura 5.25. A) Manchas amarillentas en el haz B) Manchas de color marrón claro en envés de las hojas de pepinillo C) Lesiones en melón cantaloupe D) Lesiones en la sandía Fotos: A, B y D) Provistas por Wanda Almodóvar. C) Paret, M.L., s.f<sup>f</sup>

**Marchitez súbita de la sandía /Squash Vein Yellowing Virus (SqVYV)**

Este virus es transmitido por la mosca blanca, *Bemisia tabaci*. Los síntomas típicos son marchitez súbita de las plantas justo antes de la cosecha. Los síntomas incluyen enrizado de las hojas, mosaicos y necrosis en los entrenudos. Se reduce el vigor de las plantas y ocurre enanismo. En la florecida ocurre necrosis y marchitez de los bejucos. Los frutos muestran degradación de la pulpa y necrosis de la cáscara. En el 2005, se observaron síntomas de esta enfermedad en una finca de sandía de 200 acres en Santa Isabel, Puerto Rico. Las pérdidas por esta enfermedad son mayores al 50% durante los meses lluviosos. La maleza *Momordica charantia* es un reservorio de este virus. Se disemina por insectos, malezas infectadas y por los trabajadores al manipular las plantas.



Figura 5.26. Los síntomas virales causados por SqVYV en sandía son más severos antes de la cosecha. Se observa marchitez de los bejucos y degradación de la pulpa y la cáscara en los frutos. Fotos: A y B) Provistas por Ada Alvarado C) Adkins, et al., 2007

## Desórdenes nutricionales

### ***Pudrición de la base del fruto ("Blossom end rot")***

Este desorden fisiológico es causado por una deficiencia de calcio en el fruto. Es común en la sandía que ha estado sujeta a estrés por sequía, lo que interfiere con el transporte del calcio a la zona de crecimiento celular del fruto causando rompimiento del tejido joven. Los síntomas observados son manchas pequeñas de color marrón claro en la base del fruto inmaduro que según se agrandan forman lesiones oscuras, hundidas y secas. Puede haber una pudrición blanda causada por hongos y bacterias oportunistas. La severidad de los síntomas es mayor cuando existen condiciones ambientales adversas que interfieren con la disponibilidad del agua y nutrientes al cultivo. Estas condiciones son estrés por falta de agua, salinidad excesiva, daño de la raíz por enfermedades infecciosas y uso de fertilizante de nitrógeno en exceso.



Figura 5.27. Holmes, G., 2000

## Liliáceas

### Enfermedades causadas por hongos

#### ***Mancha púrpura***

*Alternaria porri*

Esta enfermedad causa manchas pequeñas, hundidas y acuosas con centros de color cremoso. Según avanza la infección, las lesiones se agrandan y toman un color marrón púrpura con bordes definidos y rodeadas de una zona clorótica. A menudo las lesiones se fusionan, lo que resulta en la muerte de toda la hoja. El bulbo puede infectarse a través del cuello o de las heridas. Las hojas afectadas por trípodos son más susceptibles a la enfermedad. Las cebollas infectadas con manchas púrpuras se desfolian prematuramente, la calidad del bulbo disminuye y promueve la podredumbre de almacenamiento por patógenos bacterianos secundarios. Se pueden formar lesiones similares en las partes florales de las semillas; como resultado, las semillas no se desarrollan.



Figura 5.28. A, B y C) *A. porri* causa manchas hundidas de color marrón púrpura. D) Colapso de la hoja causado por *Alternaria*. E) Lesiones asociadas al daño por herbicida. Fotos provistas por Jessie Fernández.

**Añublo lanoso***Peronospora destructor*

Esta enfermedad se manifiesta en hojas, flores y bulbos. Los síntomas iniciales son lesiones alargadas de color marrón pálido sobre el follaje de la planta que se observan en parchos a través del predio. A medida que avanza la enfermedad, esta se propaga a otras áreas de la siembra y las manchas se tornan marrón-púrpura. En esta etapa pueden confundirse con la mancha púrpura causada por *Alternaria* o con la mancha de la hoja causada por *Stemphyllium*. Los síntomas se observan más fácilmente al examinar las hojas viejas en la mañana, cuando el rocío está presente, y puede observarse el micelio lanoso característico de este hongo. Esta enfermedad se favorece por temperaturas frescas y humedad relativa alta. Puede afectar los bulbos en condiciones de almacenaje.

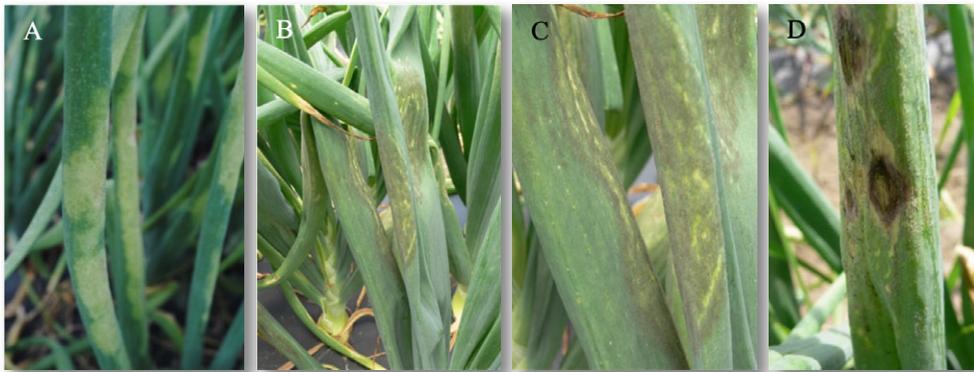


Figura 5.29. A) Lesiones alargadas de color marrón pálido sobre el follaje de la planta. B y C) Cuando el rocío está presente, puede observarse el micelio lanoso. D) En etapas avanzadas, las lesiones son color marrón púrpura. Fotos: Celetti, M., 2015

**Quemazón de la hoja***Botrytis squamosa***Pudrición de cuello del bulbo***Botrytis allii*

La quemazón de la hoja comienza con el desarrollo de lesiones blancas pequeñas rodeadas de una zona de color verde claro. En condiciones de alta humedad y temperaturas frescas, las lesiones se tornan elípticas y el hongo se desarrolla rápidamente, causando quemazón y muerte prematura de las hojas. Esto resulta en la producción de bulbos pequeños. Los periodos prolongados de lluvia promueven la infección en las hojas maduras que son más susceptibles a esta enfermedad. La pudrición de cuello causa que esta zona del bulbo se torne acuosa y que, como resultado, todo el bulbo sea colonizado por el hongo. Esto ocurre principalmente durante el almacenaje.



Figura 5.30. Schwartz, H. F., 2008<sup>b</sup>

**Tizón sureño***Sclerotium rolfsii*

En este cultivo, *S. rolfsii* produce manchas blancas en la parte exterior de los bulbos de cebolla. El cuello del bulbo se puede infectar, mostrando una pudrición acuosa en las capas exteriores del bulbo. Al igual que en otros cultivos mencionados, se observa el crecimiento de micelio blanco y grueso que cubre el suelo alrededor de la planta y la producción de esclerocios o estructuras de sobrevivencia que permanecen en el suelo e infectan futuras siembras.



Figura 5.31. A) Síntomas típicos de *Sclerotium* en cebolla. B) Cebolla severamente infectada. C) Los residuos de cosecha son una fuente de infección para futuras siembras. Fotos: Kwon, et al., 2011

**Enfermedades causadas por bacterias****Tizón bacteriano de la hoja***Xanthomonas axonopodis* pv *allii*

Sobre la hoja se observan manchas o pecas blancas y lesiones lenticulares con márgenes húmedos. Estas manchas se alargan formando estrías cloróticas en hojas maduras. El desarrollo de los síntomas puede provocar muerte descendente del ápice de la hoja y quemazón extensa en hojas maduras. Las plantas se ven enanas y los bulbos no se desarrollan adecuadamente. Se conoce poco del ciclo de la enfermedad y de su epidemiología. La diseminación del inóculo es a través de lluvia, riego de llovizna o por acumulación de rocío sobre las hojas. Las raspaduras en las hojas causadas por el viento e insectos podrían facilitar el proceso de infección.

**Pudrición blanda***Pectobacterium carotovorum* sbsp. *carotovorum*

En condiciones de campo, la planta se marchita y el follaje se torna húmedo y amarillo pálido a marrón. El follaje se ablanda a medida que la pudrición progresa sobre el tejido.



Figura 5.32. A) Schwartz, H.F., 2008<sup>d</sup> B) Schwartz, H.F., 2008<sup>e</sup>

El interior del bulbo produce una exudación acuosa, mal oliente. La bacteria penetra a través del cuello del bulbo o por heridas causadas por daño mecánico o larvas de insectos. La bacteria sobrevive en residuos de cosechas en el campo. Se disemina por la lluvia al salpicar y a través de sistemas de riego e insectos.



Figura 5.33. A) Ablandamiento del tejido a causa de pudrición blanda. B) Daño por la bacteria dentro del bulbo. Fotos: Schwartz, H.F., 2008<sup>a,c</sup>

### **Piel avinagrada o pudrición blanda**

*Pseudomonas cepacia*

Inicialmente se observa una lesión de color amarillo pálido a marrón que va penetrando varias capas del tejido del bulbo. El cuello del bulbo se ablanda luego de que las hojas colapsan. En etapas avanzadas de la enfermedad, las capas se desprenden fácilmente durante el manejo de los bulbos. Se observa muerte descendente en las hojas jóvenes comenzando desde el ápice de las mismas. La bacteria causante de la enfermedad es *Burkholderia cepacia* (syn. *Pseudomonas cepacia*). Es típicamente una enfermedad de los bulbos de cebolla, aunque puede penetrar por las hojas, donde es usualmente asintomática. La infección ocurre a través de heridas que pueden ser causadas durante la cosecha. La bacteria se disemina en tejidos húmedos y a temperaturas que exceden los 30° C. Se asocia a sistemas de riego contaminados, salpique de agua durante periodos de lluvia y riego de llovizna.



Figura 5.34. Piel avinagrada o pudrición blanda. Foto: Teviotdale et al, 1990

## **Crucíferáceas**

### **Enfermedades causadas por bacterias**

#### **Pudrición negra**

*Xanthomonas campestris* var. *campestris*

Es la enfermedad bacteriana más severa que afecta el repollo y otras crucíferáceas. Entra al cultivo por aperturas naturales de la planta o raíces y/o por heridas causadas por daño mecánico. Los síntomas pueden aparecer en cualquier etapa del desarrollo de las cabezas de repollo. Si la infección ocurre en la etapa de plántula, ocurre amarillez y eventualmente muere. Otros síntomas que pueden observarse son manchas negras en los cotiledones y ennegrecimiento de las venas. En plantas adultas, se observa marchitez en el margen de las hojas externas y luego amarillamiento. Según la enfermedad se desarrolla en las hojas, las lesiones se extienden hacia la vena central en forma de “V”, síntoma típico de esta enfermedad. Las venas se ennegrecen y la bacteria invade toda la planta. El centro de la cabeza de repollo se ennegrece y se observa

necrosis al desprenderse las hojas. El tamaño de las cabezas de repollo se reduce o pueden producirse cabezas deformes. Esta bacteria permanece hasta por dos años en residuos de plantas enfermas, en malezas hospederas y en el suelo. Se observa con mayor frecuencia en periodos húmedos y lluviosos. Se disemina al salpicar el agua, a través del viento, de las herramientas, de los trabajadores, de los animales y de los insectos. Puede ser portada en la semilla.



Figura 5.35. A) Marchitez y lesiones en forma de “V” en los bordes son una forma rápida de identificación de esta enfermedad. B) Necrosis en la cabeza del repollo. C) ennegrecimiento de los haces vasculares. Fotos A) Nelson, S., 2015 B) Nelson, S., 2016 C) Varela, A.M., s.f.

### **Pudrición blanda**

*Pectobacterium carotovorum* sbsp. *carotovorum*

Los síntomas iniciales son manchas de apariencia aceitosa que se desarrollan durante la formación de las cabezas. Estas manchas se dispersan rápidamente y el tejido afectado se oscurece, se torna blando y se pudre. En infecciones severas, la cabeza de repollo se parte. Las cabezas de repollo afectadas por esta enfermedad producen un olor desagradable debido a la invasión de organismos secundarios. La bacteria entra por heridas ocasionadas por insectos, de forma mecánica o lesiones causadas por otros patógenos. El desarrollo de la enfermedad se favorece en el campo por condiciones húmedas y calientes. Esta bacteria persiste en desechos de cosecha infestados.



Figura 5.36. Holmes, G., 2003<sup>a</sup>

## **Enfermedades causadas por hongos**

### **Mancha foliar por alternaria**

*Alternaria brassicicola*

Esta enfermedad afecta todas las crucíferas y puede aparecer en cualquier etapa de su desarrollo. Los primeros síntomas que se observan son manchas acuosas de color amarillo oscuro en las hojas. Según avanza la enfermedad, las lesiones se agrandan y forman manchas circulares color marrón claro con anillos concéntricos rodeados por un halo amarillo. El tejido afectado puede desprenderse de la hoja dejando huecos (“shot hole”). Bajo condiciones de alta humedad, la lesión puede cubrirse con un hollín verde oscuro que es la masa de esporas del hongo. Las cabezas de repollo infectadas pueden presentar manchas en varias

hojas. En muchas ocasiones, las infecciones por las diferentes especies de este hongo no afectan el tamaño ni el peso de la cabeza de repollo, pero ocasionan pérdidas porque afectan su calidad y apariencia. Si esta enfermedad aparece en la etapa de plántulas, pueden observarse manchas necróticas, enanismo o muerte de los cotiledones. Este hongo puede ser acarreado en la semilla y sobrevivir en desechos de cosecha por mucho tiempo. El desarrollo de esta enfermedad es favorecido por periodos prolongados de alta humedad, temperaturas frescas y lluvia.

### **Añublo lanoso**

*Peronospora parasitica*

Esta enfermedad puede aparecer en cualquier etapa del desarrollo del repollo y afectar todas las partes aéreas de la planta. Los síntomas del añublo lanoso son más severos cuando aparecen durante la etapa de plántula; por lo general, esta muere. Una vez el hongo invade las hojas, los síntomas iniciales son pequeñas manchas amarillas. A medida que progresa la enfermedad, las manchas se agrandan y se tornan color marrón con apariencia de una red de color negro azulado. En condiciones de humedad, se puede observar el desarrollo de una masa de micelio algodonoso en el envés de las hojas la cual es correspondiente a la mancha observada en el haz. Este es, tal vez, el síntoma más distintivo de esta enfermedad. Las cabezas de repollo con esta enfermedad generalmente no son mercadeables. Presentan manchas irregulares color lila y puede haber o no la presencia de micelio en las hojas externas. Si las hojas inferiores son contaminadas durante la etapa de crecimiento, los tallos podrían infectarse. El desarrollo de esta enfermedad se favorece por extensos períodos de humedad en las hojas, los cuales pueden ser causados por el rocío, neblina, riego o lluvia. Este hongo sobrevive en la semilla, residuos de cosecha y malezas hospederas. Se puede diseminar por el viento y el salpicado de la lluvia.



Figura 5.37. Foto: Sherf, A.F., s.f.

### **Sancocho**

*Rhizoctonia spp.* y *Pythium spp.*

Generalmente estos hongos afectan las plántulas en el semillero pero también pueden hacerlo después del trasplante. En ocasiones, cuando la infección ocurre en el semillero, las plantas no emergen y se forma una lesión acuosa en la zona del tallo cercana al suelo. Puede afectar las raíces y vellos radiculares. Las plántulas que emergen se marchitan, se doblan y eventualmente mueren. En el campo es más común encontrar plantas afectadas en aquellos suelos compactados o que no tienen buen drenaje. El desarrollo de esta enfermedad se favorece en los días nublados, con la alta humedad, suelos húmedos y compactados y la alta densidad de plantas.

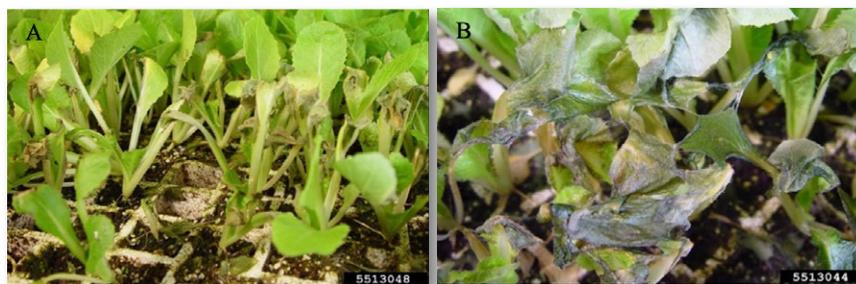


Figura 5.38. A) Sancocho en semillero de repollo. B) Micelio de *Rhizoctonia* creciendo sobre el tejido. Fotos: Holmes, G., 2003 <sup>c, b</sup>

**Pudrición del tallo (“wirestem”)***Rhizoctonia solani*

El hongo que ocasiona esta enfermedad ocurre luego que emergen las plántulas. Puede afectar las raíces, tallos y hojas. Un síntoma característico de esta enfermedad es que la corteza externa del tallo cercano al suelo se oscurece y se seca formando un cancro en esa área, dejando expuesta la parte interna del tallo. En ocasiones, bajo condiciones ambientales apropiadas, las plántulas infectadas tienden a recuperarse, sin embargo, el hongo continúa creciendo y eventualmente la planta muere o se queda enana y no puede producir cabezas de repollo mercadeables. En niveles bajos del patógeno, esta enfermedad puede prevalecer o ser más severa que el sancocho. Condiciones ambientales de alta humedad, días nublados, suelos de poco drenaje y húmedos y alta densidad de plantas favorecen el desarrollo de esta enfermedad. Este patógeno sobrevive en los residuos de cosecha indefinidamente. También produce esclerocios que sobreviven en el suelo durante condiciones ambientales adversas o poco favorables.

Figura 5.39. Foto: Zitter, T.A., s.f.<sup>c</sup>**Podredumbre blanca, pudrición blanda acuosa, pudrición del tallo***Sclerotinia spp.*

Se observa inicialmente en la parte inferior del tallo y de la cabeza cercanos al suelo. En repollo, los síntomas producidos por este hongo son pequeñas lesiones circulares de apariencia húmeda las cuales con el tiempo se agrandan y se cubren de micelio blanco de apariencia algodonosa. El tejido afectado se torna blando y acuoso. A medida que la infección avanza, la masa de micelio invade la cabeza de repollo y produce los esclerocios que son las estructuras de reproducción. Estos pueden verse unidos a la masa de micelio; si la infección es bien severa, pueden observarse a nivel del suelo. Los esclerocios son de color negro, varían de tamaño y pueden persistir en el suelo por varios años. Este hongo no solo afecta las cabezas de repollo en el campo sino que también puede causar pudrición durante su transporte y/o almacenamiento. El hongo puede diseminarse en el campo por semilla contaminada, desechos de cosecha, movimiento de suelo infectado por maquinarias, escorrentías de agua y/o trabajadores. También puede diseminarse por el viento a las cabezas de repollo.

Figura 5.40. Langston, D.B., 2006<sup>a, b</sup>

## Enfermedades causadas por protozoarios

### **Raíz agarrotada**

*Plasmodiophora brassicae*

La mayoría de los cultivos que pertenecen a las *Brassicas* son susceptibles a esta enfermedad, especialmente el repollo. Los síntomas iniciales que se observan en plantas infectadas son disminución en el crecimiento, hojas con amarillamiento y tendencia a marchitarse durante los días calientes, ya que la planta no puede absorber agua y nutrientes eficientemente. Cuando se infectan plantas jóvenes, ocurre enanismo y pueden morir. En plantas adultas, puede causar que no se produzcan cabezas mercadeables. La infección ocurre a través de los vellos radiculares o heridas en las raíces las cuales se distorsionan y presentan agrandamiento. Las malformaciones en las raíces varían desde una pequeña hinchazón hasta grandes masas aglomeradas, lo que le da el nombre a la enfermedad. Según progresa la enfermedad, las raíces pueden partirse permitiendo que organismos secundarios invadan la planta causando pudrición y, como consecuencia, produciendo olores desagradables. Este protozooario persiste en el suelo por lo menos durante siete a diez años y se disemina a través del agua de escorrentías, el agua de riego, los zapatos de los trabajadores, herramientas y los residuos de cosecha.



Figura 5.41. Holmes, G., 2014 <sup>a, b</sup>

## Referencias

- Acevedo, V., Rodrigues, J.C.V., de Jensen, C.E., Webster, C.G., Adkins, S., & Wessel-Beaver, L. (2013). First Report of Squash vein yellowing virus Affecting Watermelon and Bitter Gourd in Puerto Rico. *Plant Disease*, 97(11), 1516. <http://dx.doi.org/10.1094/PDIS-03-13-0322-PDN>.
- Almodóvar, W. (2014). Añublo lanoso de las Cucurbitáceas. *Manejo Integrado de las Hortalizas*, 3. Servicio de Extensión Agrícola, UPRM.
- Almodóvar, W. (2014). Mancha Bacteriana de las Solanáceas. *Manejo Integrado de las Hortalizas*, 10. Servicio de Extensión Agrícola, UPRM.
- Almodóvar, W. (2014). Tizón Sureño de las Hortalizas. *Manejo Integrado de las Hortalizas*, 8. Servicio de Extensión Agrícola, UPRM.
- Almodóvar, W. (2014). Añublo Polvoriento de las Cucurbitáceas. *Manejo Integrado de las Hortalizas*, 2. Servicio de Extensión Agrícola, UPRM.
- Almodóvar, W. (2014). Tizón Púrpura de la Cebolla. *Manejo Integrado de las Hortalizas. Hoja educativa. Vol. 7.* Servicio de Extensión Agrícola, UPRM.
- Almodóvar, W. (2014). Mancha Angular de las Cucurbitáceas. *Manejo Integrado de las Hortalizas*, 4. Servicio de Extensión Agrícola, UPRM.
- Almodóvar, W. (2014). Tizón Gomoso de las Cucurbitáceas. *Manejo Integrado de las Hortalizas*, 5. Servicio de Extensión Agrícola, UPRM.
- Almodóvar, W. (2014). Tizón y Pudrición por *Phytophthora capsici*. *Manejo Integrado de las Hortalizas*, 1. Servicio de Extensión Agrícola, UPRM.
- Almodóvar, W. (2014). Virus de la Marchitez Súbita de la Sandía (Watermelon Vine Decline). *Manejo Integrado de las Hortalizas*, 9. Servicio de Extensión Agrícola, UPRM.
- Almodóvar, W. (2014). Marchitez bacteriana de la solanáceas. *Manejo Integrado de las Hortalizas*, 6. Servicio de Extensión Agrícola, UPRM.
- Almodóvar, W. (2005). Enfermedades de las Solanáceas. *Clínica al Día*. Servicio de Extensión Agrícola, UPRM.
- Almodóvar, W. (2005). Enfermedades de las Cucurbitáceas. *Clínica al Día*. Servicio de Extensión Agrícola, UPRM.
- Almodóvar, W. (2005). Enfermedades de las Crucíferas. *Clínica al Día*. Servicio de Extensión Agrícola, UPRM.
- Alvarado, A. (2011). *Plagas y enfermedades en Hortalizas* [Presentación digital]. Servicio de Extensión Agrícola, UPRM. [http://academic.uprm.edu/aalvarado/HTMLobj-184/Plagas\\_y\\_Enfermedades-Hortalizas2011.pdf](http://academic.uprm.edu/aalvarado/HTMLobj-184/Plagas_y_Enfermedades-Hortalizas2011.pdf)
- Estévez de Jensen, C., Rodrigues, J.V., & Polanco, L. (2008). Watermelon vine decline in southwest Puerto Rico. *Phytopathology* 98(6 Supplement), S52. <https://apsjournals.apsnet.org/doi/pdf/10.1094/PHTO.2008.98.6.S9>
- Paret, M. L. (2020). U-Scout Program of the University of Florida. <https://plantpath.ifas.ufl.edu/u-scout/index.html>
- Rivera Vargas, L., Cabrera Asencio, I. (2012). Enfermedades. En *Conjunto Tecnológico para la Producción de Cebolla*. Estación Experimental Agrícola, UPRM. <https://www.uprm.edu/eea/wp-content/uploads/sites/177/2016/04/10.-CEBOLLA-ENFERMEDADES-v2012.pdf>
- Rosa Márquez, E. (2014). Enfermedades. En *Conjunto Tecnológico para la Producción de Repollo*. Estación Experimental Agrícola, UPRM. <https://www.uprm.edu/eea/wp-content/uploads/sites/17/2016/04/10.-REPOLLO-ENFERMEDADES-v.-2014.pdf>
- O'Neill, T. (2012). *Grey Mould (Botrytis cinerea) of Tomato*. [Fact Sheet 23/11 Tomato]. Agriculture and Horticulture Development Board. [https://projectblue.blob.core.windows.net/media/Default/Horticulture/Diseases/Grey%20mould/Grey%20mould%20\(Botrytis%20cinerea\)%20of%20tomato.pdf](https://projectblue.blob.core.windows.net/media/Default/Horticulture/Diseases/Grey%20mould/Grey%20mould%20(Botrytis%20cinerea)%20of%20tomato.pdf)

## Referencias de fotos

- ADAS. (2012). [Serie de fotos de infección por *Botrytis* en tomate]. En T. O'Neill, *Grey mould (Botrytis cinerea) of tomato*. Agriculture and Horticulture Development Board. [https://projectblue.blob.core.windows.net/media/Default/Horticulture/Diseases/Grey%20mould/Grey%20mould%20\(Botrytis%20cinerea\)%20of%20tomato.pdf](https://projectblue.blob.core.windows.net/media/Default/Horticulture/Diseases/Grey%20mould/Grey%20mould%20(Botrytis%20cinerea)%20of%20tomato.pdf)
- Adkins, S., Webb, S. E., Achor, D., Roberts, P. D., & Baker, C. A. (2007). [Fotos de daño en fruto por virus]. En, Identification and characterization of a novel whitefly-transmitted member of the family Potyviridae isolated from cucurbits in Florida. *Phytopathology*, 97, 145-154. <https://doi.org/10.1094/PHYTO-97-2-0145>
- Almodóvar, W. (2009). [Foto de hojas de pepinillo infectadas con añublo lanoso]. *Manejo integrado de plagas*. <http://mipcultivosyotros.blogspot.com/2009/02/enfermedades-comunes-de-los-cultivos.html>
- Celetti, M. (2015). [Serie de fotos de añublo lanoso en cebollas]. Ontario Ministry of Agriculture, Food, and Rural Affairs. <http://www.omafra.gov.on.ca/english/crops/hort/news/hortmatt/2015/16hrt15a2.htm>
- Dankers, H. (s.f.<sub>a</sub>). [Acercamiento de follaje con daño causado por tizón foliar]. U-Scout Program of the University of Florida. <https://plantpath.ifas.ufl.edu/u-scout/cucurbit/alternaria-leaf-spot.html>
- Dankers, H. (s.f.<sub>b</sub>). [Flujo bacteriano de tallo recién cortado]. U-Scout Program of the University of Florida. <https://plantpath.ifas.ufl.edu/u-scout/tomato/bacterial-wilt.html>
- Dankers, H. (s.f.<sub>c</sub>). [Flujo bacteriano en tallo de pimiento]. U-Scout Program of the University of Florida. <https://plantpath.ifas.ufl.edu/u-scout/pepper/bacterial-wilt.html>
- Dankers, H. (s.f.<sub>d</sub>). [Lesiones con anillos concéntricos en los tallos distintivas de esta enfermedad]. U-Scout Program of the University of Florida. <https://plantpath.ifas.ufl.edu/u-scout/tomato/early-blight.html>
- Dankers, H. (s.f.<sub>e</sub>). [Marchitez generalizada en planta de tomate causada por *R. solanacearum*]. U-Scout Program of the University of Florida. <https://plantpath.ifas.ufl.edu/u-scout/tomato/bacterial-wilt.html>
- Dankers, H. (s.f.<sub>f</sub>). [Necrosis en hoja de sandía por *Pseudoperonospora cubensis*]. U-Scout Program of the University of Florida. <https://plantpath.ifas.ufl.edu/u-scout/cucurbit/downy-mildew.html>
- Dankers, H. (s.f.<sub>g</sub>). [Serie de fotos del daño causado por *Corynespora* en follaje de cucurbitáceas]. U-Scout Program of the University of Florida. <https://plantpath.ifas.ufl.edu/u-scout/cucurbit/target-spot.html>
- Dankers, H. (s.f.<sub>h</sub>). [Síntomas de amarillamiento en planta de tomate por Fusarium]. U-Scout Program of the University of Florida. <https://plantpath.ifas.ufl.edu/u-scout/tomato/fusarium-wilt.html>
- Eubanks, S. (2014). [Serie de fotos de micelios y esclerocios del tizón sureño en plantas de tomate]. UF/IFAS. <https://blogs.ifas.ufl.edu/gadsdenco/2014/06/20/southern-blight-found-in-holmes-county-tomatoes/>
- Hayman, G. (2012). [“Ghost spots” en fruto de tomate]. En T. O'Neill, *Grey mould (Botrytis cinerea) of tomato*. Agriculture and Horticulture Development Board. [https://projectblue.blob.core.windows.net/media/Default/Horticulture/Diseases/Grey%20mould/Grey%20mould%20\(Botrytis%20cinerea\)%20of%20tomato.pdf](https://projectblue.blob.core.windows.net/media/Default/Horticulture/Diseases/Grey%20mould/Grey%20mould%20(Botrytis%20cinerea)%20of%20tomato.pdf)
- Holmes, G. (2000). *Blossom end rot*. [Foto]. Bugwood Center for Invasive Species and Ecosystem Health. <https://www.invasive.org/browse/detail.cfm?imgnum=1577015>
- Holmes, G. (2001). [Fruto de berenjena cercano al suelo con lesión y esporulación en el ápice]. Bugwood Center for Invasive Species and Ecosystem Health. <https://www.invasive.org/browse/detail.cfm?imgnum=1577909>
- Holmes, G. (2002). *Mancha angular en pepinillo*. [Foto]. Bugwood Center for Invasive Species and Ecosystem Health. <https://www.invasive.org/browse/detail.cfm?imgnum=1578227>
- Holmes, G. (2003<sub>a</sub>). [Corte transversal de una cabeza de repollo con presencia de pudrición blanda en las hojas externas]. Bugwood Center for Invasive Species and Ecosystem Health. <https://www.invasive.org/browse/detail.cfm?imgnum=5512842>
- Holmes, G. (2003<sub>b</sub>). [Micelio de *Rhizoctonia* creciendo sobre el tejido]. Bugwood Center for Invasive Species and Ecosystem Health <https://www.invasive.org/browse/detail.cfm?imgnum=5513044>

- Holmes, G. (2003). [Sancocho en semillero de repollo]. Bugwood Center for Invasive Species and Ecosystem Health <https://www.invasive.org/browse/detail.cfm?imgnum=5513048>
- Holmes, G. (2010). *Phytophthora blight (Phytophthora capsici)*. [Foto]. Bugwood Center for Invasive Species and Ecosystem Health. <https://www.invasive.org/browse/detail.cfm?imgnum=1577144>
- Holmes, G. (2010). *Phytophthora blight (Phytophthora nicotinae)*. [Foto]. Bugwood Center for Invasive Species and Ecosystem Health. <https://www.invasive.org/browse/detail.cfm?imgnum=5610420>
- Holmes, G. (2014). [Planta de repollo con síntoma severo de raíz agarrotada]. Bugwood Center for Invasive Species and Ecosystem Health. <https://www.invasive.org/browse/detail.cfm?imgnum=5513020>
- Holmes, G. (2014). [Plantas de repollo marchitas por síntomas de raíz agarrotada]. Bugwood Center for Invasive Species and Ecosystem Health. <https://www.invasive.org/browse/detail.cfm?imgnum=5513024>
- Kwon, J., Kim, H., Choi, O., Kwak, Y., Lee, Y., & Shim, H. (2011). [Serie de fotos de infección con Sclerotium en cebolla]. En, Sclerotium Rot of Onion Caused by Sclerotium rolfsii. *Research in Plant Disease*, 17(2), 222-224. <https://doi.org/10.5423/RPD.2011.17.2.222>
- Langston, D.B. (2006). [Daño causado por *Sclerotinia spp.* en cabeza de repollo]. Bugwood Center for Invasive Species and Ecosystem Health. <https://www.invasive.org/browse/detail.cfm?imgnum=5077018>
- Langston, D.B. (2006). [Daño causado por *Sclerotinia spp.* en tallo]. Bugwood Center for Invasive Species and Ecosystem Health. <https://www.invasive.org/browse/detail.cfm?imgnum=5076078>
- Nelson, S. (2019). [Serie de fotos de manchas necróticas en las hojas de tomate]. *AgriSolver*. <https://www.agrisolver.com/blog/tizon-tardio-en-tomate-manejo-integrado-de-phytophthora-infestans>
- Nelson, S. (2016). *Cabbage (Brassica oleracea): Black rot* [Foto]. Flickr. <https://www.flickr.com/photos/scotnelson/35710676671/>
- Nelson, S. (2015). *Black rot of cabbage* [Foto]. Flickr. <https://www.flickr.com/photos/scotnelson/23263449864/>
- Olson, S.M. (s.f.). [Efectos del añublo polvoriento fruto de cucurbitáceas]. U-Scout Program of the University of Florida. <https://plantpath.ifas.ufl.edu/u-scout/cucurbit/powdery-mildew.html>
- Paret, M.L. (s.f.). [Daño causado por *Corynespora* en follaje de cucurbitácea]. U-Scout Program of the University of Florida. <https://plantpath.ifas.ufl.edu/u-scout/cucurbit/target-spot.html>
- Paret, M.L. (s.f.). [Decoloración del interior del tallo en planta de tomate por Fusarium]. U-Scout Program of the University of Florida. <https://plantpath.ifas.ufl.edu/u-scout/tomato/fusarium-wilt.html>
- Paret, M.L. (s.f.). [El tizón temprano se observa en hojas, tallos y frutos]. U-Scout Program of the University of Florida. <https://plantpath.ifas.ufl.edu/u-scout/tomato/early-blight.html>
- Paret, M.L. (s.f.). [En etapas avanzadas, el tizón temprano causa amarillez y tizón foliar lo que expone los frutos que sufren escaldadura y reduce la producción]. U-Scout Program of the University of Florida. <https://plantpath.ifas.ufl.edu/u-scout/tomato/early-blight.html>
- Paret, M.L. (s.f.). [Follaje con daño causado por tizón foliar]. U-Scout Program of the University of Florida. <https://plantpath.ifas.ufl.edu/u-scout/cucurbit/alternaria-leaf-spot.html>
- Paret, M.L. (s.f.). [Lesiones en melón cantaloupe]. U-Scout Program of the University of Florida. <https://plantpath.ifas.ufl.edu/u-scout/cucurbit/potyvirus.html#lg=1&slide=0>
- Paret, M.L. (s.f.). [Mancha foliar por *Cercospora citrullina* en hoja de cucurbitácea]. U-Scout Program of the University of Florida. <https://plantpath.ifas.ufl.edu/u-scout/cucurbit/cercospora-leaf-spot.html>
- Paret, M.L. (s.f.). [Serie de fotos de follaje con lesiones causadas por antracnosis]. U-Scout Program of the University of Florida. <https://plantpath.ifas.ufl.edu/u-scout/cucurbit/anthracnose.html>
- Paret, M.L. (s.f.). [Serie de fotos de la enfermedad tizón foliar causada por el hongo *Phytophthora capsici* en plantas de pimiento]. U-Scout Program of the University of Florida. <https://plantpath.ifas.ufl.edu/u-scout/pepper/phytophthora-blight-fruit-rot.html>
- Paret, M.L. (s.f.). [Serie de fotos de los efectos del añublo polvoriento en hojas cucurbitáceas]. U-Scout Program of the University of Florida. <https://plantpath.ifas.ufl.edu/u-scout/cucurbit/powdery-mildew.html>

- Paret, M.L. (s.f.<sub>k</sub>). [Serie de fotos del daño causado por *Pseudoperonospora cubensis* en hojas de cucurbitáceas]. U-Scout Program of the University of Florida. <https://plantpath.ifas.ufl.edu/u-scout/cucurbit/downy-mildew.html>
- Paret, M.L. (s.f.<sub>l</sub>). [Síntomas de antracnosis en fruto de tomate]. U-Scout Program of the University of Florida. <https://plantpath.ifas.ufl.edu/u-scout/tomato/anthracnose.html>
- Paret, M.L. (s.f.<sub>m</sub>). [Síntomas de antracnosis en fruto de pimiento]. U-Scout Program of the University of Florida. <https://plantpath.ifas.ufl.edu/u-scout/pepper/anthracnose.html>
- Rose, M. (2016). [Mancha foliar causada por el hongo *Septoria lycopersici*]. Big Spring Master Gardener Association, The University of Tennessee Extension. <https://www.bsmga.com/garden-news/the-goins-on-in-the-garden-part-ii>
- Schwartz, H.F. (2008<sub>a</sub>). [Planta de cebolla con síntomas de pudrición blanda]. Bugwood Center for Invasive Species and Ecosystem Health. <https://www.invasive.org/browse/detail.cfm?imgnum=5362290>
- Schwartz, H.F. (2008<sub>b</sub>). [Pudrición del cuello del bulbo de cebolla por *Botrytis allii*]. Bugwood Center for Invasive Species and Ecosystem Health. <https://www.invasive.org/browse/detail.cfm?imgnum=5359356>
- Schwartz, H.F. (2008<sub>c</sub>). [Síntomas tardíos de pudrición blanda en el bulbo de la cebolla]. Bugwood Center for Invasive Species and Ecosystem Health. <https://www.invasive.org/browse/detail.cfm?imgnum=5361478>
- Schwartz, H.F. (2008<sub>d</sub>). [Tizón en hojas de cebolla por *Xanthomonas*]. Bugwood Center for Invasive Species and Ecosystem Health. <https://www.invasive.org/browse/detail.cfm?imgnum=5361590>
- Schwartz, H.F. (2008<sub>e</sub>). [Tizón en una hoja de cebolla por *Xanthomonas*]. Bugwood Center for Invasive Species and Ecosystem Health. <https://www.invasive.org/browse/detail.cfm?imgnum=5361697>
- Seethapathy, P. (2019). [Virus del mosaico del pepinillo]. Bugwood Center for Invasive Species and Ecosystem Health. <https://www.invasive.org/browse/detail.cfm?imgnum=5586125>
- Sherf, A.F. (s.f.). [Añublo lanoso en repollo]. Vegetable MD Online, University of Cornell. [http://vegetablemdonline.ppath.cornell.edu/PhotoPages/Impt\\_Diseases/Crucifers/Crucifer\\_Downy.htm](http://vegetablemdonline.ppath.cornell.edu/PhotoPages/Impt_Diseases/Crucifers/Crucifer_Downy.htm)
- Teviotdale B., Davis, R., Guerard, J., & Harper, D. (1990). [Foto de daño por *Pseudomonas cepacian*]. En, Method of irrigation affects sour skin rot of onion. *California Agriculture*, 44(5), 27-28. <http://calag.ucanr.edu/archive/?article=ca.v044n05p27>
- UK Vegetable IPM Team. (s.f.<sub>a</sub>). [Peca bacteriana en fruto de tomate]. College of Agriculture Food and Environment, University of Kentucky. <http://veggiescout.ca.uky.edu/bacterialspeck>
- UK Vegetable IPM Team. (s.f.<sub>b</sub>). [Serie de fotos de mancha bacteriana en follaje]. College of Agriculture Food and Environment, University of Kentucky. <http://veggiescout.ca.uky.edu/bacterialsplotontomato>
- Vallad, G.E. (s.f.). [Lesiones ovaladas con bordes amarillos en las hojas de tomate]. U-Scout Program of the University of Florida. <https://plantpath.ifas.ufl.edu/u-scout/tomato/early-blight.html>
- Vallad, G.E. (s.f.<sub>b</sub>). [Serie de fotos sobre la pudrición de la raíz y de la corona en plantas de tomate por *Fusarium*]. U-Scout Program of the University of Florida. <https://plantpath.ifas.ufl.edu/u-scout/tomato/fusarium-crown-and-root-rot.html>
- Varela, A.M. (s.f.). [Foto de pudrición negra causada por bacterias]. En *Black rot*. Infonet Biodivision. <https://infonet-biovision.org/PlantHealth/Pests/Black-rot>
- Walcott, R. (2005). [Serie de fotos sobre la pudrición bacteriana del fruto en cucurbitáceas por *Acidovorax avenae subsp. citrulli*]. En R. Walcott, *Bacterial fruit blotch of cucurbits*. <https://www.apsnet.org/edcenter/disandpath/prokaryote/pdlessons/Pages/BacterialBlotch.aspx>
- Zitter, T.A. (s.f.<sub>a</sub>). [Mancha foliar causada por *Septoria lycopersici* en planta de tomate]. Vegetable MD Online, Cornell University. [http://vegetablemdonline.ppath.cornell.edu/PhotoPages/Tomatoes/Tom\\_Septoria/Tom\\_Sept3.htm](http://vegetablemdonline.ppath.cornell.edu/PhotoPages/Tomatoes/Tom_Septoria/Tom_Sept3.htm)
- Zitter, T.A. (s.f.<sub>b</sub>). [Mancha foliar en hoja de tomate]. Vegetable MD Online, University of Cornell. [http://vegetablemdonline.ppath.cornell.edu/PhotoPages/Tomatoes/Tom\\_Septoria/Tom\\_SeptFS1.htm](http://vegetablemdonline.ppath.cornell.edu/PhotoPages/Tomatoes/Tom_Septoria/Tom_SeptFS1.htm)
- Zitter, T.A. (s.f.<sub>c</sub>). [Pudrición del tallo en repollo]. Vegetable MD Online, University of Cornell. [http://vegetablemdonline.ppath.cornell.edu/PhotoPages/Impt\\_Diseases/Crucifers/Crucifer\\_Wire.htm](http://vegetablemdonline.ppath.cornell.edu/PhotoPages/Impt_Diseases/Crucifers/Crucifer_Wire.htm)

# Registros para empresas agrícolas con sistemas de túneles para cultivos

---

Dra. Myrna Comas Pagán

6.0

## 6.0 Registros para empresas agrícolas con sistemas de túneles para cultivos

*Myrna Comas Pagán, Ph.D.<sup>1</sup>*

*Rafael Mejía, B.S.<sup>2</sup>*

*Jorge Cardona<sup>3</sup>*

*Nashali Rivera<sup>4</sup>*

### *Introducción*

Los sistemas de registros son todos aquellos elementos de información contable y financiera que se relacionan entre sí, con el fin de apoyar la toma de decisiones gerenciales de una empresa de manera eficiente y oportuna. Son herramientas importantes para la toma de decisiones aun para las microempresas, ya que nos permiten conocer de primera mano el estado de ganancia o pérdida de nuestro negocio y su estado financiero.

Un sistema de registro adecuado nos ayudaría mucho al evaluar la rentabilidad de la empresa y las entradas y salidas de dinero, así como el manejo de las deudas. Estos sistemas son fundamentales para supervisar los adelantos de la empresa, preparar estados financieros, seguirles el rastro a los gastos deducibles, preparar informes relacionados con los impuestos y con la mano de obra. Además, sirven de evidencia para respaldar las partidas reportadas en las declaraciones impositivas y en la reclamación de seguros o la solicitud de programas de emergencia.

### *Uso de los registros en un negocio agrícola*

- **Análisis de la empresa agrícola.**– Estos facilitan la planificación, organización y dirección del negocio. Le permiten al agricultor o a la organización calcular la eficiencia en la utilización de los recursos de producción. También ayudan a determinar cuáles han sido sus puntos débiles. Por otro lado, permiten estimar el precio de venta de los productos para generar ganancias. En el caso de organizaciones sin fines de lucro, permiten determinar las horas voluntarias trabajadas y rendir cuentas a la membresía. Son herramientas útiles para realizar proyecciones futuras y para la toma de decisiones.
- **Gestionar incentivos agrícolas.**– Los registros sirven de evidencia para documentar la solicitud de incentivos que ofrece el gobierno (p. ej. incentivos por producción y subsidio salarial).
- **Ayudan a cumplir con informes financieros.**– Las leyes en Puerto Rico obligan a los agricultores y organizaciones con y sin fines de lucro debidamente incorporadas a rendir anualmente una Planilla de Contribución sobre Ingresos y un Informe Anual al Departamento de Estado, que deben poder evidenciar mediante cifras anotadas en un sistema de registros.

<sup>1</sup> Catedrática del Departamento de Economía Agrícola y Sociología Rural del Recinto Universitario de Mayagüez de la Universidad de Puerto Rico

<sup>2</sup> Estudiante graduado del Departamento de Economía Agrícola y Sociología Rural del Recinto Universitario de Mayagüez de la Universidad de Puerto Rico

<sup>3</sup> Estudiante subgraduado del Departamento de Economía Agrícola y Sociología Rural del Recinto Universitario de Mayagüez de la Universidad de Puerto Rico

<sup>4</sup> Estudiante subgraduada del Departamento de Ingeniería de Computadoras del Recinto Universitario de Mayagüez de la Universidad de Puerto Rico

- **Cumplir con obligaciones patronales.**– Los agricultores deben mantener un sistema de registro organizado y detallado de la nómina, ya que las agencias concernidas pedirán la evidencia. En Puerto Rico, toda empresa que contrate mano de obra debe cumplir con las siguientes obligaciones patronales: aportaciones al Seguro Social y al *Medicare* (*Internal Revenue Service*) y pagar pólizas de Seguro Obrero (Corporación Fondo del Seguro del Estado), Seguro por Desempleo (Departamento del Trabajo y Recursos Humanos) y Seguro Choferil (Negociado de Seguro Social para Choferes).
- **Fundamento de crédito.**– Al momento de solicitar un préstamo, los bancos y/o cooperativas les piden a los agricultores evidencia de la situación económica de la empresa. Los registros nos ayudan a determinar la cantidad a tomar prestada y la capacidad de repago.
- **Solicitar apoyo financiero.**– No importa si la entidad es con o sin fines de lucro, puede estar buscando inversionistas para su proyecto o donativos de agencias federales. Los registros le permitirán evidenciar la eficiencia de su proyecto ya sea en términos de productividad y/o el impacto social de este.
- **Reclamaciones a seguros y participación en programas de emergencia.**– Los registros de ingresos y gastos, incluyendo el de nómina, presentan la información mínima que debe mantener un agricultor. Estos serán la evidencia principal al momento de hacer cualquier reclamación al seguro o para participar de programas de emergencia.
- **Estimar precios.**– En caso de ser una empresa con fines de lucro, el empresario debe considerar los costos de producción para estimar el precio de su producto o servicio. Los registros de gastos le ayudarán a calcular estos.

### Etapas operacionales de los sistemas de registro

El agricultor no debe ver los registros como un proceso de escribir datos. El sistema de registros se debe ver como un proceso que incluye recopilación y procesamiento de datos, preparación de informes y análisis contable (Figura 6.1).



Figura 6.1. Sistema de registros

- **Recopilación de datos.**– Nos referimos a la actividad que consiste en el registro de los datos importantes para la empresa. Los datos se extraen de recibos, de observación o de sistemas electrónicos. Se realizan de manera manual (libreta) o automatizada (computadora). En los registros

manuales, la documentación y clasificación de los datos se realiza por la persona a cargo. Es el sistema más utilizado para proyectos pequeños. Los cálculos se realizan utilizando calculadoras y los datos son interpretados por el que los recopila. En los registros electrónicos, los datos se recopilan por sistemas automatizados, ya sea a través de hojas de cálculo electrónicas o programas electrónicos de administración y contabilidad. Estos sistemas pueden procesar los datos automáticamente.

- **Procesamiento de los datos.**– Consiste en organizar los datos recolectados para convertirlos en conocimiento útil para la empresa. Durante esta fase, los datos ingresados en la libreta o computadora se procesan para su interpretación. Por ejemplo, los ingresos se agrupan por producto y por tipo de incentivo. Los gastos se agrupan por gastos de alquiler, de mano de obra, de materiales, de utilidades y otros.
- **Preparación de informes.**– Se preparan informes con la finalidad de comunicar la labor realizada y sus resultados a una determinada persona, grupo de personas o empresa en particular. Esto incluye informar al dueño de la empresa, miembros de la organización, entidades financieras, agencias de gobierno, inversionistas y otros.
- **Análisis contable.**– Consiste en determinar la situación económico-financiera de una empresa a través de la información emitida por la misma. El objetivo perseguido por el análisis contable es examinar la gestión empresarial u organizacional que se traduce en la evaluación de la solvencia, eficacia y/o rentabilidad.

### **Tipos de registros**

1. **Inventario.**– Es una relación detallada, ordenada y valorada de los elementos que componen el patrimonio de una empresa. Es una lista de todo lo que el agricultor posee, lo que debe o adeuda y lo que le deben. Se debe hacer un inventario a principio de año y otro a fin de cada año. Existen distintos tipos de inventario, tales como: de tierras, de estructuras, de animales, de materiales y de deudas.
2. **Estado de situación financiera.**– Es un resumen de todo lo que posee, debe y le deben al agricultor. Este se prepara para una fecha determinada y sus partidas se clasifican en activos, pasivos y patrimonio o haber neto. El haber neto es la diferencia que existe entre los activos que posee el agricultor o la organización y sus deudas.
3. **Registro de tareas.**– En este se incluyen las tareas, fechas en la que se realizaron y alguna información relevante que podamos tener que añadir sobre la tarea o de la fecha.
4. **Registro de uso de plaguicidas.**– La ley requiere que todo agricultor lleve un registro de uso de plaguicidas. En este se debe incluir nombre del control utilizado, cantidad utilizada, uso y persona que lo utilizó.
5. **Registro de producción.**– En este se anotan los productos y las cantidades que se venden, regalan o decomisan.
6. **Registro de ventas.**– En este registro se incluyen los productos vendidos, cantidades y precio de lo vendido. Además, se añade la fecha para mantener un orden y llevar un registro de todo lo que se ha vendido.
7. **Registro de ingresos.**– Actividad financiera de los ingresos por la venta de productos de la finca. En el mismo se anotarán los ingresos por concepto de venta de productos e incentivos recibidos durante la operación agrícola. Representa el incremento de los recursos económicos y del patrimonio de la empresa. Este registro debe llenarse tan pronto se realice la transacción.

8. **Registro de gastos.**– Representa los costos de vender y producir los productos agrícolas; es el costo de operar la empresa agrícola. Se anotan los gastos por concepto de compra de insumos, pago de salarios, intereses y seguros. Inversión tangible o intangible. Este registro debe llenarse tan pronto se realice la transacción.
9. **Nómina.**– Representa la suma de todos los registros financieros de los sueldos de un empleado, los salarios, las bonificaciones y deducciones. Se refiere a la cantidad pagada a los empleados por los servicios que prestó durante un cierto periodo de tiempo.
10. **Registro de obligaciones patronales.**– Se refiere al registro de todas las aportaciones que debe hacer el agricultor u organización para cumplir con las obligaciones gubernamentales con respecto a sus obreros agrícolas.
11. **Resumen financiero.**– Consiste en presentar un resumen de los ingresos y gastos de una empresa para un período de tiempo. Este permitirá calcular el ingreso neto de la empresa.

### Inventario

Es una relación detallada, ordenada y valorada de los elementos que componen los activos de una empresa. Es una lista de todo lo que el agricultor posee. Se debe hacer un inventario a principio y a fin de cada año (Cuadro 4). En Puerto Rico, también se recomienda que se prepare un inventario al inicio de la temporada de huracanes (junio o julio) y en caso de surgir un desastre natural.

Descripción	Inventario inicial		Inventario final	
	Cantidad	Valor total	Cantidad	Valor total

Cuadro 6.1. Inventario

### Instrucciones para completar el inventario

- Descripción.– Se anotan las especificaciones de la mercancía o artículos.
- Inventario inicial.– Se anotan la cantidad (número de unidades) y el valor (precio) de la mercancía o artículos a principio de año.
- Inventario final.– Se anotan la cantidad (número de unidades) y el valor (precio) total de la mercancía o artículos a fin de año.

**Estado de situación financiera**

Es un resumen de todo lo que el agricultor o la organización posee y le deben (activos) y lo que debe (pasivos) en un momento en específico (Cuadro 5). Este registro permite calcular el haber neto de la empresa u organización, es decir, la diferencia que existe entre lo que tiene y lo que debe.

<b>Activos corrientes</b>		<b>Pasivos de corto plazo</b>	
<b>Total</b>		<b>Total</b>	
<b>Activos intermedios</b>		<b>Pasivos de plazo intermedio</b>	
<b>Total</b>		<b>Total</b>	
<b>Activos fijos</b>		<b>Pasivos de largo plazo</b>	
<b>Total</b>		<b>Total</b>	
<b>TOTAL DE ACTIVOS</b>		<b>TOTAL DE PASIVOS</b>	

Cuadro 6.2. Estado de situación financiera

**Instrucciones para completar el estado de situación financiera**

Utilizar de referencia el Modelo 1 para completar las partidas de activos y pasivos.

Nombre de la empresa			
ESTADO DE SITUACIÓN FINANCIERA			
Fecha			
ACTIVOS		PASIVOS	
Todo lo que el proponente posee en un momento dado.		Todo lo que el proponente debe en un momento dado.	
<p><b>Activos corrientes</b></p> <p>Son el efectivo, todos aquellos activos que se pueden convertir en efectivo rápido o que se van a utilizar en menos de 1 año.</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Efectivo</li> <li>• Cuentas de ahorro</li> <li>• Cuentas por cobrar</li> <li>• Alimento de animales</li> <li>• Materiales</li> <li>• Productos listos para la venta</li> </ul>	<p><b>Pasivos de corto plazo</b></p> <p>Deudas que se deben pagar en menos de 1 año</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Pago de préstamos que vencen en un año o menos</li> <li>• Tarjetas de crédito</li> <li>• Contribuciones</li> <li>• Renta</li> <li>• Utilidades</li> </ul>
<p><b>Activos intermedios</b></p> <p>Maquinaria, equipo y animales que contribuyen al proceso productivo y no están anclados en la tierra</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Maquinaria</li> <li>• Equipo</li> <li>• Vehículos</li> <li>• Animales de trabajo</li> <li>• Animales reproductores</li> <li>• Cultivos largo plazo</li> </ul>	<p><b>Pasivos de plazo intermedio</b></p> <p>Deudas que vencen de uno a siete años</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Préstamos para compra de maquinaria y animales de reemplazo</li> </ul>
<p><b>Activos fijos</b></p> <p>Tierra y propiedades enclavadas</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Terreno</li> <li>• Edificaciones</li> <li>• Charcas</li> <li>• Sistemas de agua</li> <li>• Cepos</li> </ul>	<p><b>Pasivos de largo plazo</b></p> <p>Hipotecas y préstamos que vencen en más de siete años</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Hipotecas</li> </ul>
<p><b>TOTAL DE ACTIVOS</b></p> <p>Es la suma del valor de los activos corrientes, intermedios y fijos.</p>		<p><b>TOTAL DE PASIVOS</b></p> <p>Es la suma del valor de los pasivos de corto, intermedio y largo plazo.</p> <p><b>HABER NETO O EQUIDAD</b></p> <p>Porción de los activos que realmente le pertenece al proponente.</p> <p><b>TOTAL DE PASIVOS + EQUIDAD =</b></p> <p><b>TOTAL DE ACTIVOS</b></p>	

Modelo 6.1. Estado de situación financiera

### Registro de tareas

En este registro se incluyen las tareas, la persona que las realiza e información relevante relacionada con estas (Cuadro 6). Este registro se debe completar según se realizan las tareas.

Fecha	Tarea	Persona que la realiza	Observaciones

Cuadro 6.3 Registro de tareas

#### Instrucciones para completar registro de tareas

- Fecha.– Se anota el día en que se realiza la tarea.
- Tarea.– Se anota una descripción de la tarea realizada.
- Persona que la realiza.– Se anota el nombre completo de la persona que realiza la tarea.
- Observaciones.– Se anotan detalles sobre la tarea realizada.

### Registro de uso de fertilizantes, composta, plaguicidas o controles biológicos

El registro de uso de fertilizantes, composta, plaguicidas o controles biológicos (Cuadro 7) se completa con el fin de cumplir con legislación federal y estatal para salvaguardar la salud y seguridad de los empleados que trabajan con estos materiales y de la población que consumirá los productos.

Fecha	Material	Cantidad	Propósito	Persona

Cuadro 6.4. Registro de uso de fertilizantes, composta, plaguicidas o controles biológicos

#### Instrucciones para completar el registro de uso de fertilizantes, composta, plaguicidas o controles biológicos

- Fecha.– Se anota el día en que se utilizó el material.
- Material utilizado.– Se anota una descripción del material utilizado.
- Cantidad.– Se anota la cantidad utilizada del material con la unidad correspondiente (p. ej. onzas, pintas etc.).
- Propósito.– Se anota el objetivo para utilizar el material.
- Persona.– Se anota el nombre de la persona que utilizó el material.

### Registro de producción

En este registro se anotarán los productos generados en el proyecto o finca (Cuadro 8). El mismo permite tener control de lo que se produce y de medir el rendimiento de las cosechas

Fecha	Producto	Cantidad	Unidad

Cuadro 6.5. Registro de producción en el sistema de túneles para cultivo

#### Instrucciones para completar registro de producción

- Fecha.– Se anota la fecha de la cosecha.
- Producto.– Se anota el producto cosechado.
- Cantidad.– Se anota la cantidad de producto cosechada.
- Unidad.– Se anota la medida utilizada para cuantificar la cantidad cosechada.

### Registro de ventas

Este registro nos permite anotar las ventas del producto y a quién se le vende (Cuadro 9).

Fecha	Producto	Cantidad	Unidad	Precio	Comprador

Cuadro 6.6. Registro de ventas

#### Instrucciones para completar registro de ventas

- Fecha.– Se anota la fecha en que se realiza la venta.
- Producto.– Se anota una descripción del producto vendido.
- Cantidad.– Se anota la cantidad de producto vendido.
- Unidad.– Se anota una medida que permita cuantificar la cantidad vendida.
- Precio.– Se anota el precio de venta por unidad.
- Comprador.– Se anota a quién se le vendió el producto.

### Registro de ingresos

Registro utilizado para reportar los ingresos por la venta de productos de la finca o proyecto y los incentivos recibidos (Cuadro 10). En el mismo se anotarán los ingresos por concepto de venta de productos e incentivos recibidos durante la operación agrícola. Este registro debe llenarse tan pronto se reciba el ingreso.

Fecha	Descripción/ Cantidad/Unidad	Ingresos	Fecha	Descripción/ Cantidad/Unidad	Ingresos
<b>Total</b>			<b>Total</b>		

Cuadro 6.7. Registro de ingresos

#### Instrucciones para completar el registro de ingresos

- Fecha.– Se anota la fecha en que se genera el ingreso.
- Descripción/Cantidad/Unidad.– Si se realiza una venta, se anota la descripción, cantidad y unidad del producto vendido; si se recibe un incentivo, se anota el objetivo del incentivo.
- Ingreso.– Se anota el ingreso generado.
- Total.– Se anota la suma de todos los ingresos.

### Registro de gastos

Se utiliza para reportar los gastos relacionados con la producción y venta en la empresa o proyecto (Cuadro 11). Es el costo de operar la empresa agrícola. Se anotarán los gastos por concepto de compra de insumos, pago de salarios, intereses, seguros, renta, pago de utilidades y otros. Este registro debe llenarse tan pronto se realice la transacción.

Fecha	Descripción/ Cantidad/Unidad	Gastos	Fecha	Descripción/ Cantidad/Unidad	Gastos
<b>Total</b>			<b>Total</b>		

Cuadro 6.8. Registro de gastos



Total salarios	Seguro Social	Medicare	Seguro por Desempleo	Seguro Obrero	Seguro Choferil	Total obligaciones patronales

Cuadro 6.10. Obligaciones patronales

### Instrucciones para completar el cuadro de obligaciones patronales

- Total salarios.– Se anota el salario total pagado al empleado (Cuadro 13). Luego se procede a calcular las obligaciones patronales multiplicando el total de salarios por el por ciento de la obligación patronal correspondiente.
- Seguro Social.– Se anota la aportación patronal al Seguro Social.
- Medicare.– Se anota la aportación patronal al Medicare.
- Seguro por desempleo- Se anota la aportación patronal al Seguro por Desempleo.
- Seguro obrero.– Se anota la aportación patronal al Seguro Obrero.
- Seguro Choferil.– Se anota la aportación patronal al Seguro Choferil (si aplica).
- Total.– Se anota la suma de todas las filas y columnas descritas.

### Resumen financiero

Es el registro que resume los ingresos y gastos de la empresa u organización. Los ingresos totales menos los gastos totales es igual al ingreso neto (Cuadro 14).

Ingresos	
Ingresos totales	\$
Gastos	
Gastos totales	\$
Ingreso neto	\$

Cuadro 6.11. Resumen financiero

### Instrucciones para completar el resumen financiero

- Ingresos.– Se anotan todos los ingresos generados por la venta de productos e incentivos.
- Ingresos totales.– Se anota la suma de todos los ingresos.
- Gastos.– Se anotan todos los gastos incurridos en los procesos de producción y venta.
- Gastos totales.– Se anota la suma de todos los gastos.
- Ingreso neto.– Será igual a “Ingresos totales” menos “Gastos totales”.

### Referencias

- Comas, M. (2018). *Planificando mi finca*. Servicio de Extensión Agrícola, Universidad de Puerto Rico Recinto de Mayagüez.
- Sosa, H. (2002). *Manual de administración y contabilidad agrícola*. Servicio de Extensión Agrícola, Universidad de Puerto Rico Recinto de Mayagüez.
- Wheeling, B.M. (2008). *Introduction to Agricultural Accounting* (1.<sup>a</sup> ed.). Cengage Learning.