



SERVICIO
DE EXTENSIÓN
AGRÍCOLA™

UPR - RUM - CCA



Manual de prácticas de

Agricultura Sostenible

Algunas de las mejores prácticas validadas en Puerto Rico



UPR
Recinto Universitario de Mayagüez

Universidad de Puerto Rico
Recinto Universitario de Mayagüez
Colegio de Ciencias Agrícolas
Servicio de Extensión Agrícola

Preparado por:

Prof. Nicolás M. Cartagena Romero
Coordinador Estatal del Programa SARE Puerto Rico
Agente Servicio de Extensión Agrícola Caguas-San Lorenzo
Universidad de Puerto Rico de Mayagüez, UPRM
nicolas.cartagena@upr.edu

Sra. Bertha M. Taboada Castro
Asistente del Programa SARE Puerto Rico
Servicio de Extensión Agrícola, UPRM
sare.uprm.sea@outlook.com

Dr. Aníbal II Ruiz Lugo
Especialista Asociado en Metodologías y Programas
Universidad de Puerto Rico, Mayagüez

Edición / Arte / Fotos:

Medios Educativos e Información (MEI)

Área Programática de Agricultura, Mercadeo y Recursos Naturales

Este manual fue realizado por el Servicio de Extensión Agrícola, SEA, de la Universidad de Puerto Rico de Mayagüez, con una subvención de Sustainable Agriculture Research and Education, SARE. Subaward No. SUB00003114

© **Servicio de Extensión Agrícola 2025**



**SERVICIO
DE EXTENSIÓN
AGRÍCOLA™**
UPR - RUM - CCA

Publicado para la promoción del trabajo cooperativo de Extensión según lo dispuesto por las leyes del Congreso del 8 de mayo y del 30 de junio de 1914, en cooperación con el Departamento de Agricultura de los Estados Unidos, Servicio de Extensión Agrícola, Colegio de Ciencias Agrícolas, Universidad de Puerto Rico.

*El Servicio de Extensión Agrícola es un patrono con Igualdad de oportunidades en el empleo - M/F/V/I
The Agricultural Extension Service is an Equal Opportunity employer - M/F/V/I*



Contenido

Introducción	4
El camino por recorrer	6
Interpretación de datos	7
Propósito del manual	8
Fundamentos de la agricultura sostenible	9
Seguridad alimentaria para las personas	11
Pilares de la seguridad alimentaria y dimensiones de la sostenibilidad.....	12
Principios fundamentales de la agricultura sostenible	13
Diferencias con la agricultura industrial o convencional.....	14
Características claves	15
Consecuencias negativas de la agricultura industrial.....	15
Beneficios de la agricultura sostenible	16
La agricultura sostenible protege la biodiversidad	16
La importancia de la biodiversidad en la agricultura.....	16
Prácticas de Agricultura sostenible que promueven la biodiversidad	17
La biodiversidad mejora el rendimiento de las cosechas.....	17
La biodiversidad: clave para una dieta saludable	18
La biodiversidad protege a los recursos hídricos	18
La biodiversidad protege a las comunidades	19
Puerto Rico y su biodiversidad	20
Prácticas de conservación del recurso agua	21
Manejo de escorrentías.....	22
Retención de agua.....	25
Prácticas de conservación del recurso suelo	29
Barreras vegetativas.....	30
Rotación de cultivos	32
Siembras al contorno	36
Cultivos de cobertura.....	42
Participación de las comunidades	48
Huertos: modelo de participación de las comunidades en Puerto Rico	49
La participación de las comunidades en la agricultura sostenible	49
Comunicaciones de emergencia	50
Efecto de las Emergencias en la Comunicación.....	50
Radios GMRS: Una solución para las fincas y las comunidades rurales	50
Beneficios del uso de radios GMRS en fincas agrícolas.	51
Importancia de los sistemas de comunicación en Puerto Rico	51
Conclusión	52
Referencias bibliográficas	53



Introducción

El Servicio de Extensión Agrícola (SEA), fundado en 1934, es una parte integral del Colegio de Ciencias Agrícolas (CCA) de la Universidad de Puerto Rico, Recinto de Mayagüez (UPRM). Su misión es mejorar la calidad de vida de individuos, familias y comunidades socioeconómicamente desfavorecidas mediante un proceso educativo no formal, basado en investigación científica y centrado en las necesidades específicas de sus clientes y en asuntos de interés público.

El SEA ofrece un programa educativo diversificado y enfocado en cuatro áreas principales:



1. **Agricultura, Mercadeo y Recursos Naturales (AMRN)**- Promueve el desarrollo agrícola y la gestión sostenible de los recursos naturales.



2. **Juventud y Clubes 4-H** - Fomenta el desarrollo de habilidades en los jóvenes mediante proyectos educativos y actividades prácticas.



3. **Ciencias de la Familia y del Consumidor (CFC)** - Proporciona herramientas para mejorar el bienestar familiar, el manejo de recursos y la calidad de vida.



4. **Desarrollo de los Recursos de la Comunidad (DRC)** - Apoya iniciativas comunitarias que fortalecen la cohesión social y el desarrollo económico local.

Para más información sobre estos programas, los interesados pueden visitar la página oficial del SEA, <https://www.uprm.edu/sea> o seguir su página oficial en **Facebook**.

En el ámbito agrícola, el SEA, Southern Sustainable Agriculture Research and Education (SARE) y Natural Resources Conservation Service (NRCS) impulsan el **desarrollo sostenible**, promoviendo prácticas que benefician tanto a la producción como al medio ambiente. Este manual se enfoca específicamente en **Agricultura Sostenible**, un concepto que, según **Díaz (s.f.)**, todavía puede resultar confuso para algunos agricultores, técnicos y científicos. Sin embargo, el término abarca un conjunto de **prácticas agrícolas sostenibles**, orientadas a:

► **Protección de cultivos:**

Uso de técnicas y herramientas para minimizar daños por plagas y enfermedades de manera respetuosa con el medio ambiente.

► **Conservación ambiental:**

Implementación de prácticas que preserven los recursos naturales, como el suelo y el agua.

► **Gestión eficiente de las fincas:**

Estrategias que optimicen el uso de insumos, reduzcan costos y aumenten la rentabilidad.

El SEA juega un papel crucial en la educación y promoción de prácticas agrícolas sostenibles en Puerto Rico, sirviendo como puente entre la investigación científica y las comunidades agrícolas. A través de sus programas y recursos educativos, el SEA fomenta el desarrollo de sistemas agrícolas más resilientes, productivos y sostenibles, que benefician tanto a los agricultores como al medio ambiente.



SERVICIO
DE EXTENSIÓN
AGRÍCOLA™

UPR - RUM - CCA



Sustainable Agriculture
Research & Education



Natural Resources Conservation Service



La **agricultura sostenible** se define como la práctica de una agricultura que es **amigable con el ambiente, económicamente viable y socialmente justa**. Este enfoque busca mantener una producción agrícola que conserve los recursos naturales y proteja el medio ambiente, asegurando al mismo tiempo el bienestar de la población actual y su acceso a alimentos, sin comprometer las necesidades de las generaciones futuras (**Díaz, s.f.**).

Según la **National Academy of Sciences (2010)**, la agricultura enfrenta desafíos significativos a escala mundial, entre los cuales destacan:

- **Crecimiento demográfico:**

La población mundial en aumento genera una demanda creciente de alimentos, poniendo presión sobre los sistemas agrícolas.

- **Cambios en los patrones de consumo:**

El cambio en las dietas y el aumento del consumo de alimentos procesados y de origen animal están alterando las dinámicas de producción.

- **Escasez de recursos naturales:**

Factores como la falta de agua, la pérdida de tierras fértiles y la sobreexplotación de recursos ponen en riesgo la producción agrícola.

- **Degradación ambiental:**

La erosión del suelo, la contaminación del agua y la pérdida de biodiversidad comprometen la capacidad productiva a largo plazo.

- **Condiciones de clima extremo:**

Las alteraciones del clima afectan directamente la estabilidad y previsibilidad de las temporadas de cultivo, con impactos negativos en los rendimientos agrícolas.

- **Reestructuración económica global:**

Los cambios en las dinámicas comerciales y la globalización afectan los mercados agrícolas y la competitividad de los productores locales.

A pesar de estos desafíos, se presentan oportunidades alentadoras para el desarrollo de sistemas agrícolas sostenibles:

- **Innovaciones en prácticas y sistemas:**

Técnicas como la agricultura de conservación, la rotación de cultivos, y el uso de cultivos de cobertura han mostrado resultados prometedores.

- **Avances tecnológicos:**

La adopción de herramientas como la agricultura de precisión, los sistemas de riego eficiente, y los biopesticidas ofrecen soluciones sostenibles y productivas.

- **Conciencia del consumidor:**

Los consumidores están cada vez más interesados en el origen y los métodos de producción de sus alimentos, favoreciendo prácticas agrícolas responsables y sostenibles.



La agricultura sostenible representa una respuesta integral a los retos globales, promoviendo sistemas productivos que **equilibran la productividad, la conservación del medio ambiente y la justicia social**. Al adoptar este enfoque, no solo se garantiza el acceso a alimentos para las generaciones actuales y futuras, sino que también se impulsa una transición hacia sistemas agrícolas más resilientes y responsables.

Aunque las prácticas y sistemas agrícolas sostenibles ofrecen importantes beneficios para el medio ambiente, la economía y la sociedad, su adopción sigue siendo **limitada** en comparación con las expectativas sociales. Según la **National Academy of Sciences (2010)**, esta baja tasa de adopción está influenciada por varios factores:

- **Incentivos sociales, económicos y políticos:**
 - ✧ Los sistemas actuales a menudo **favorecen prácticas convencionales**, ofreciendo subsidios, infraestructuras y políticas diseñadas para modelos agrícolas intensivos, en lugar de sostenibles.
 - ✧ La falta de acceso a financiamiento y recursos necesarios para implementar cambios también desincentiva la transición hacia la sostenibilidad.
- **Costo inicial elevado:**

La inversión requerida para tecnologías sostenibles puede ser alta, especialmente para pequeños agricultores que tienen acceso limitado al capital.
- **Desconocimiento y resistencia al cambio:**

Muchos agricultores carecen de información adecuada sobre los beneficios de las prácticas sostenibles

o enfrentan barreras culturales que dificultan su implementación.

- **Infraestructura y mercados insuficientes:**

Las cadenas de suministro y los mercados agrícolas no siempre están diseñados para apoyar o recompensar a los productores sostenibles.

La **National Academy of Sciences (2010)** subraya que la sostenibilidad no debe considerarse un estado fijo, sino más bien un **proceso continuo de adaptación** que permita ajustar los sistemas agrícolas y alimentarios para:

- **Alcanzar objetivos deseados:**
 - ✧ Producción eficiente y suficiente de alimentos.
 - ✧ Conservación de los recursos naturales.
 - ✧ Promoción de la justicia social y económica.
- **Maximizar la eficiencia en el uso de recursos:**

Adoptar métodos que optimicen el uso de agua, energía, y nutrientes, reduciendo los impactos ambientales.
- **Fomentar la responsabilidad social:**

Reflejar un compromiso ético hacia las comunidades agrícolas, el bienestar animal, y la biodiversidad.

El camino por recorrer

Para superar las barreras y avanzar en la adopción de la agricultura sostenible, es esencial:

- **Rediseñar los incentivos:**

Implementar políticas públicas que

favorezcan prácticas sostenibles, como subsidios a tecnologías limpias y apoyo a los pequeños agricultores.

- **Capacitación y educación:**

Ampliar programas de extensión y educación para que los agricultores comprendan los beneficios y la viabilidad de las prácticas sostenibles.

- **Fomentar mercados favorables:**

Establecer cadenas de valor que recompensen los productos agrícolas sostenibles mediante precios justos y certificaciones.

La sostenibilidad en la agricultura es un proceso dinámico que requiere cambios estructurales y el compromiso colectivo de agricultores, consumidores, formuladores de políticas y la sociedad en general. A medida que se superen las barreras actuales, los sistemas agrícolas podrán adaptarse para satisfacer las necesidades alimentarias globales de manera eficiente, ética y sostenible.

El sector agrícola de Puerto Rico ha experimentado importantes transformaciones en las últimas décadas, según el **Censo Agrícola 2022** realizado por el **Departamento de Agricultura de los Estados Unidos (USDA)** y el **Servicio Nacional de Estadísticas Agrícolas (NASS)**. Estos cambios reflejan tanto desafíos como oportunidades para la agricultura en la isla.

En **2018**, Puerto Rico contaba con **8,230 fincas**, lo que representó una reducción del **37.5 %** (4,929 fincas menos) en comparación con las **13,159 fincas** reportadas en el **Censo de 2012**. Para el **Censo de 2022**, el número total de fincas se redujo aún más, a **7,602 fincas**, marcando una disminución adicional del **7.6 %** respecto al 2018.

En **2018**, las fincas agrícolas abarcaban **487,775 cuerdas**, lo que equivalía al **21.6**

% del territorio total de Puerto Rico. Esto representó una disminución de **97,213 cuerdas** o **16.6 %** en comparación con 2012. En el **Censo 2022**, se observó un **ligero aumento** en la superficie de tierras agrícolas, alcanzando **494,481 cuerdas**, un incremento del **1.4 %** respecto al 2018.

Aunque el número total de fincas disminuyó, el tamaño promedio de las fincas experimentó un **leve aumento**. Esto indica una posible concentración de la actividad agrícola en menos fincas, pero con mayor extensión.

Interpretación de los datos

- **Reducción del número de fincas:**

Este descenso puede atribuirse a factores como:

- ✧ **Falta de relevo generacional.**
- ✧ **Desafíos económicos** para pequeños agricultores.
- ✧ **Cambios en el uso de la tierra** hacia urbanización u otros fines no agrícolas.

- **Incremento en la superficie agrícola:**

Aunque el número de fincas disminuyó, el aumento en la superficie agrícola sugiere una consolidación de las operaciones agrícolas existentes o una recuperación parcial de terrenos agrícolas previamente abandonados.

- **Implicaciones para la sostenibilidad:**

Estos cambios plantean retos y oportunidades para la sostenibilidad agrícola, destacando la necesidad de:

- ✧ **Apoyo técnico y financiero** a pequeños y medianos agricultores.
- ✧ **Iniciativas de agricultura sostenible** que optimicen el uso de recursos limitados.

Los datos del **Censo Agrícola 2022** reflejan una **transformación continua** en el sector



agrícola de Puerto Rico, con una disminución en el número de fincas, pero un leve aumento en la superficie agrícola. Este panorama resalta la importancia de implementar estrategias que fomenten la **sostenibilidad**, la **resiliencia** y la **competitividad** del sector, asegurando su viabilidad para las generaciones futuras.

En el contexto de los retos actuales del sector agrícola en Puerto Rico, el **Servicio de Extensión Agrícola (SEA)**, con el respaldo del programa **Sustainable Agriculture Research and Education (SARE)**, ha desarrollado este manual que reúne algunas de las mejores prácticas de **agricultura sostenible**. Este documento es producto de una rigurosa revisión de literatura y la implementación de estrategias validadas tanto en la Isla como en otros países del Caribe y Latinoamérica.

Propósito del manual

El manual tiene como objetivo **familiarizar a agricultores, agrónomos, educadores, estudiantes, profesionales de la agricultura y otros interesados** con la aplicación de prácticas agrícolas sostenibles adaptadas a las características de los **suelos** y el **clima tropical** de Puerto Rico.

Estas prácticas no solo responden a los desafíos actuales del sector, sino que también fomentan la **sostenibilidad** y la **resiliencia** de los sistemas agrícolas, garantizando una agricultura que sea viable en el largo plazo.

El contenido abarca estrategias clave de conservación y manejo, entre las que destacan:

- **Conservación del agua:**
 - ✧ **Manejo de escorrentías:** Prevención de erosión y pérdida de suelo.
 - ✧ **Retención de agua:** Estrategias para optimizar la disponibilidad hídrica en el suelo.

- **Conservación del suelo:**

- ✧ **Barreras vegetativas:** Uso de plantas para frenar la erosión.
- ✧ **Rotación de cultivos:** Reducción de plagas, mejora de la fertilidad del suelo y aumento de la biodiversidad.
- ✧ **Siembra al contorno:** Disposición de hileras siguiendo las curvas del terreno para controlar la erosión.
- ✧ **Cultivos de cobertura:** Incremento de la materia orgánica, fijación de nitrógeno y mejora de la estructura del suelo.

Este recurso **promueve la adopción de prácticas agrícolas sostenibles** al proporcionar:

- **Conocimiento técnico validado.**
- **Soluciones prácticas** adaptadas al contexto local.
- **Herramientas para aumentar la eficiencia y sostenibilidad** de las operaciones agrícolas.

Además, el manual es una guía accesible para quienes buscan implementar estas estrategias y contribuye al desarrollo de un sector agrícola más resiliente frente a los desafíos económicos, ambientales y sociales.

Para quienes deseen adoptar estas prácticas, el Servicio de Extensión Agrícola ofrece asistencia técnica y educativa. Puede visitar la **oficina del SEA** más cercana para recibir apoyo personalizado en la implementación de estas prácticas sostenibles.

Fundamentos de la agricultura sostenible

La **agricultura sostenible** es un enfoque integral que busca equilibrar la producción agrícola con la conservación del medio ambiente, asegurando la viabilidad a largo plazo de los recursos naturales y la salud de las comunidades. Este concepto, cada vez más relevante en el siglo XXI, se fundamenta en principios que garantizan la **sostenibilidad ambiental, económica y social** de la agricultura. Según **Conant y Fadem (2011)**, la agricultura sostenible implica:

- **Cultivar alimentos de manera responsable**, preservando la salud de las personas y la tierra.
- **Producir alimentos nutritivos** para satisfacer las necesidades de las familias y comunidades.
- **Conservar recursos naturales clave** como el agua, el suelo y las semillas, protegiéndolos para las generaciones futuras.
- **Conservación del agua:**
Uso eficiente del recurso hídrico mediante prácticas como la captación de agua de lluvia y sistemas de riego eficientes.
- **Manejo y mejora del suelo:**
Implementación de prácticas que aumenten la materia orgánica y mejoren la estructura del suelo, como la rotación de cultivos y los cultivos de cobertura.
- **Protección de las semillas:**
Conservación y uso de semillas nativas y criollas que sean resilientes al clima local y menos dependientes de insumos externos.
- **Garantía de la sostenibilidad a largo plazo:**
Asegurar que la tierra pueda continuar



produciendo alimentos y sosteniendo la vida para las generaciones futuras.

El enfoque de la agricultura sostenible es una respuesta a los desafíos del siglo XXI, que incluyen, sin limitarse a ellos:

- **Crecimiento poblacional:** Aumento de la demanda de alimentos.
- **Degradación ambiental:** Pérdida de suelos fértiles, contaminación del agua y pérdida de biodiversidad.
- **Condiciones de clima extremo:** Reducción del rendimiento en la producción agrícola debido a fenómenos extremos como sequías e inundaciones.

Al adoptar este modelo, los agricultores no solo contribuyen a la producción de alimentos más sanos, sino que también **promueven la resiliencia** de los sistemas agrícolas frente a estos retos globales. La agricultura sostenible representa un compromiso con el presente y el futuro, permitiendo que los agricultores produzcan de manera eficiente, ética y ambientalmente responsable. Este enfoque asegura que la tierra pueda continuar alimentando a las generaciones actuales y futuras, al tiempo que conserva los recursos naturales esenciales para la vida.

Los agricultores desempeñan un papel fundamental como **custodios de la tierra**, implementando y adaptando prácticas de **agricultura sostenible** para responder a las necesidades específicas de sus



comunidades y las condiciones únicas del terreno que trabajan (**Conant y Fadem, 2011**). Este enfoque no solo protege los recursos naturales, sino que también fomenta el desarrollo agrícola y comunitario.

Según **Conant y Fadem (2011)**, las prácticas de agricultura sostenible no están restringidas únicamente a los agricultores profesionales. También pueden ser adoptadas por:

- **Huertos caseros:** Familias que cultivan alimentos en pequeños espacios para autoconsumo.
- **Trabajadores de salud:** Para mejorar la nutrición en comunidades vulnerables.
- **Expertos en desarrollo:** Que impulsan proyectos agrícolas como herramientas de empoderamiento económico y social.
- **Agricultura urbana y huertos comunitarios:** Donde grupos organizados cultivan alimentos en entornos urbanos para abordar la seguridad alimentaria y promover el bienestar colectivo.

Estas prácticas tienen un alcance significativo y contribuyen a:

- **Mejorar la nutrición:**
Proporcionan alimentos frescos, nutritivos y accesibles.
- **Fortalecer la seguridad alimentaria:**
Reducen la dependencia de alimentos importados y estabilizan el acceso a alimentos esenciales.
- **Promover la salud comunitaria:**
Ofrecen alimentos libres de químicos y estimulan un estilo de vida saludable.

La agricultura sostenible, ya sea practicada por agricultores, en huertos caseros o en huertos comunitarios, es una herramienta poderosa para **proteger la tierra, mejorar la calidad de vida** y garantizar la seguridad alimentaria. Este modelo no solo beneficia al



medio ambiente, sino que también fomenta una **conexión más profunda entre las personas, sus comunidades y los alimentos que consumen**.

Además, la **agricultura sostenible** no solo protege los recursos naturales y garantiza la producción de alimentos, sino que también desempeña un papel clave en la **dinámica poblacional** entre áreas rurales y urbanas. Según la **FAO (2011)** y la **ONU**, esta práctica puede mitigar los desafíos asociados con el crecimiento de la población urbana y los efectos del clima extremo, proporcionando soluciones sostenibles a largo plazo.

La **ONU** proyecta que la población urbana global aumentará significativamente debido a:

- **Migración rural-urbana:**
Muchas personas buscan mejores oportunidades económicas y de vida en las ciudades.
- **Crecimiento poblacional:**
Se espera que para el año 2050, la población urbana mundial aumente en **2,500 millones de personas**.

Estos factores ejercen una **presión considerable sobre los recursos urbanos**, como agua, alimentos y energía, mientras contribuyen a la **despoblación rural**. La



agricultura sostenible se presenta como una **alternativa viable** para abordar estos desafíos al:

- **Fomentar el desarrollo rural:**
 - ✧ Mejora la calidad de vida en las zonas rurales al aumentar la productividad, la autosuficiencia alimentaria y las oportunidades económicas.
 - ✧ Reduce la necesidad de migrar a las ciudades, manteniendo una población activa en las comunidades rurales.
- **Mitigar los efectos del clima extremo:**
 - ✧ Promueve la conservación de los recursos naturales, como el suelo y el agua, reduciendo la degradación ambiental.
 - ✧ Ayuda a capturar carbono en el suelo y minimizar las emisiones de gases de efecto invernadero.
- **Optimizar el uso de recursos finitos:**

Implementa prácticas agrícolas que aprovechan eficientemente los recursos disponibles reduciendo el desgaste de los ecosistemas.
- **Conectar áreas urbanas y rurales:**

A través de iniciativas como la agricultura urbana y los mercados locales, fomenta una relación más equilibrada y sostenible entre las ciudades y el campo.

La **agricultura sostenible** es una herramienta crucial para afrontar los retos del crecimiento urbano y las condiciones de clima extremo. Al mejorar las condiciones de vida en las áreas rurales, disminuye la migración hacia las ciudades, contribuyendo a un equilibrio demográfico. Además, su enfoque en la **conservación de recursos naturales** y la **resiliencia climática** la posiciona como una solución clave para garantizar un futuro más

sostenible y equitativo para las generaciones venideras.

Seguridad alimentaria para las personas

La **FAO (2011)**

define la seguridad alimentaria como el estado en el que todas las personas tienen acceso permanente a alimentos **seguros,**

nutritivos y en

cantidades suficientes para satisfacer sus necesidades, es un tema crucial en Puerto Rico. Con una **dependencia de importación del 85 % de los alimentos que se consumen (Valentín, 2014)**, la isla enfrenta desafíos únicos para garantizar la disponibilidad y el acceso a los alimentos, especialmente en situaciones de emergencia. La importación de alimentos no solo aumenta los costos para las familias, sino que también deja al país vulnerable ante interrupciones en las cadenas de suministro, ante desastres naturales o crisis internacionales. En un escenario de emergencia, como huracanes o crisis económicas, la interrupción de las importaciones puede crear una oferta insuficiente de alimentos, poniendo en riesgo la seguridad alimentaria de las familias.

Según **Vásquez y Lugo (2018)**, fomentar la seguridad alimentaria a nivel familiar es una estrategia clave para mitigar estos riesgos. Algunas medidas que se pueden adoptar incluyen:

- **Establecimiento de huertos caseros:**
 - ✧ Permiten la producción de alimentos frescos y nutritivos en pequeñas áreas.
 - ✧ Reducen la dependencia de alimentos importados y aumentan la autosuficiencia.



Foto por: sela.org



- **Educación alimentaria:**

Enseñar a las familias sobre técnicas de cultivo, conservación de alimentos y preparación de comidas nutritivas.

- **Almacenamiento estratégico:**

Mantener reservas de alimentos básicos no perecederos para afrontar interrupciones en el suministro.

- **Agricultura comunitaria:**

Fomentar la creación de huertos comunitarios que mejoren el acceso a alimentos y fortalezcan la cohesión social.

La promoción de la seguridad alimentaria en el hogar y en las comunidades de Puerto Rico es una estrategia fundamental para reducir la vulnerabilidad del sistema alimentario de la isla. Medidas como el establecimiento de huertos caseros y comunitarios, junto con la educación alimentaria, no solo ayudan a proteger a las familias en tiempos de crisis, sino que también contribuyen a una mayor resiliencia y sostenibilidad del sistema alimentario a largo plazo.

La **agricultura sostenible**, según la **FAO (2024)**, debe satisfacer las necesidades de las generaciones actuales y futuras, asegurando la **rentabilidad económica**, la **salud ambiental**, y la **equidad social y económica**. Este enfoque integral busca equilibrar la producción agrícola con la conservación de

los recursos naturales y el bienestar de las comunidades agrícolas, alineándose con los objetivos de la **Agenda 2030**.

Pilares de la seguridad alimentaria y dimensiones de la sostenibilidad

La agricultura sostenible contribuye directamente a los **cuatro pilares de la seguridad alimentaria**:

- **Disponibilidad:** Asegura suficiente producción de alimentos mediante prácticas eficientes.
- **Acceso:** Promueve sistemas que garanticen la distribución justa de alimentos.
- **Utilización:** Fomenta el consumo de alimentos nutritivos y culturalmente apropiados.
- **Estabilidad:** Mantiene sistemas agrícolas resilientes frente a crisis económicas, ambientales y sociales.



Tal como señala **Cinco Vientos (2023)**, la sostenibilidad agrícola abarca tres dimensiones esenciales:

- **Dimensión ambiental: Preservar el medio ambiente.**
 - ✧ **Gestión responsable de recursos naturales:**

Uso eficiente del suelo, agua y biodiversidad.
 - ✧ **Prácticas agrícolas sostenibles:**
 - Reducción de la erosión del suelo.



- Uso limitado y controlado de productos químicos.
- Promoción de la biodiversidad en ecosistemas agrícolas.
- ✧ **Mitigación del clima extremo:**
 - Captura de carbono en suelos.
 - Reducción de emisiones de gases de efecto invernadero.
- **Dimensión social: Bienestar de las comunidades.**
 - ✧ **Condiciones de trabajo justas y seguras:**

Garantizar derechos laborales y salarios dignos.
 - ✧ **Promoción de la igualdad de género:**

Empoderar a las mujeres en roles agrícolas y cadenas de suministro.
 - ✧ **Desarrollo comunitario:**

Apoyar programas educativos y de desarrollo económico en comunidades rurales.
- **Dimensión económica: Viabilidad a largo plazo.**
 - ✧ **Rentabilidad agrícola:**

Adopción de prácticas agrícolas rentables que mejoren los márgenes de ganancia.
 - ✧ **Cadenas de suministro justas y transparentes:**

Garantizar precios equitativos para los agricultores y productos accesibles para los consumidores.
 - ✧ **Inversiones en tecnología y capacitación:**

Uso de tecnologías innovadoras y programas de formación para mejorar la productividad y la sostenibilidad económica.

Principios fundamentales de la agricultura sostenible

La agricultura sostenible es una estrategia que **integra lo ambiental, social y económico**, equilibrando la producción agrícola con la conservación de los recursos naturales y el bienestar de las comunidades. Este enfoque no solo responde a los desafíos actuales, sino que también asegura un futuro más equitativo y resiliente para las generaciones venideras.

La **FAO (2024)** establece cinco principios fundamentales para guiar el desarrollo de la **agricultura sostenible**, enfocándose en la producción eficiente, la conservación de recursos, y el bienestar social y económico. Estos principios son esenciales para transformar los sistemas alimentarios y agrícolas de manera que beneficien tanto a las generaciones actuales como futuras:

1. Aumentar la productividad, el empleo y el valor añadido en los sistemas alimentarios

- **Producción eficiente:** Optimizar los rendimientos agrícolas para satisfacer la creciente demanda de alimentos.
- **Creación de empleo:** Promover oportunidades laborales en el sector agrícola, especialmente en comunidades rurales.
- **Valor añadido:** Fomentar la transformación y comercialización de productos agrícolas para aumentar su rentabilidad.

2. Proteger y mejorar los recursos naturales

- **Conservación de suelos y agua:** Implementar prácticas que reduzcan la erosión y mejoren la retención de agua.
- **Preservación de la biodiversidad:** Fomentar ecosistemas agrícolas que incluyan una diversidad de especies.



- **Gestión sostenible de recursos:** Minimizar el uso de productos químicos y promover el reciclaje de nutrientes.

2. Mejorar los medios de subsistencia y promover el desarrollo económico sostenible.

- **Equidad social:** Garantizar condiciones de trabajo dignas y acceso equitativo a recursos agrícolas.
- **Apoyo económico:** Fomentar programas que mejoren la resiliencia financiera de los agricultores.
- **Cadenas de valor locales:** Promover mercados locales y cadenas de suministro justas.

3. Fortalecer la capacidad de adaptación de las personas, las comunidades y los ecosistemas

- **Resiliencia frente al clima extremo:** Implementar tecnologías y prácticas que permitan a los agricultores adaptarse a los eventos de clima extremo.
- **Diversificación agrícola:** Reducir riesgos mediante la rotación de cultivos y la integración de sistemas agroforestales.
- **Ecosistemas saludables:** Mantener un equilibrio entre la producción agrícola y la salud del medio ambiente.

4. Adaptar la toma de decisiones a los nuevos desafíos

- **Innovación:** Incorporar nuevas tecnologías y prácticas basadas en investigación.
- **Participación comunitaria:** Incluir a agricultores, comunidades y expertos en el diseño de políticas y estrategias agrícolas.

- **Monitoreo y evaluación:** Ajustar las estrategias agrícolas en función de las condiciones cambiantes y las necesidades emergentes.

Estos principios proporcionan una base sólida para el desarrollo de sistemas agrícolas que sean productivos, resilientes y sostenibles. Al aplicar estos fundamentos, se asegura un enfoque integral que responde a los desafíos globales de la agricultura, como las condiciones de clima extremo, la seguridad alimentaria y la conservación de recursos naturales.

Diferencias entre la agricultura sostenible y la agricultura industrial o convencional

La **agricultura sostenible** y la **agricultura industrial o convencional** representan enfoques diametralmente opuestos en términos de producción agrícola, impacto ambiental y social, y manejo de recursos naturales. Mientras la agricultura sostenible busca un equilibrio entre la productividad, la conservación del medio ambiente y el bienestar social, la agricultura industrial se enfoca en altos rendimientos mediante el uso intensivo de insumos externos y tecnologías mecanizadas.

Agricultura industrial:

- Surgió a partir de la **Revolución Industrial** (siglo XVIII) y se intensificó con la **Revolución Verde** en el siglo XX (**Cáceres, 2002**).
- Basada en la intensificación de capital, uso de maquinaria y dependencia de insumos químicos como fertilizantes, pesticidas y semillas de alto rendimiento.

Agricultura sostenible:

- Evolucionó como respuesta a las consecuencias negativas de la agricultura industrial, promoviendo prácticas que conservan los recursos naturales y respetan los límites de sostenibilidad.



Características claves

Tabla 1

Comparativa de agricultura sostenible versus agricultura industrial.

Aspecto	Agricultura industrial	Agricultura Sostenible
Objetivo principal	Altos rendimientos a corto plazo.	Producción equilibrada a largo plazo, conservando recursos naturales.
Uso de insumos	Dependencia de fertilizantes, pesticidas y semillas modificadas.	Uso de compost, cultivos de cobertura, rotación de cultivos y semillas locales.
Impacto ambiental	Degradación del suelo, contaminación del agua y deforestación.	Conservación del suelo, mejora de la calidad del agua y biodiversidad.
Diversidad agrícola	Monocultivos predominantes.	Diversificación de cultivos para mejorar la resiliencia.
Energía y recursos	Altamente dependiente de combustibles fósiles.	Uso eficiente y renovable de recursos naturales.
Impacto social	Reducción de la mano de obra y desplazamiento rural.	Generación de empleo local y fortalecimiento comunitario.
Ecosistemas y biodiversidad	Pérdida de biodiversidad y degradación de ecosistemas.	Protección y restauración de ecosistemas y promoción de la biodiversidad.
Condiciones de clima extremo	Contribuye a emisiones de gases de efecto invernadero. (ONU, 2020)	Ayuda a mitigar las condiciones de clima extremo mediante captura de carbono y conservación de recursos.
Salud humana	Uso de químicos con posibles efectos adversos.	Producción de alimentos sanos y libres de químicos nocivos.

Consecuencias negativas de la agricultura industrial

La **ONU (2020)** resalta varios impactos adversos de la agricultura industrial:

- **Contaminación:** Aire, agua y suelos afectados por pesticidas y fertilizantes químicos.
- **Deforestación:** Reducción de la vida silvestre debido al acaparamiento de tierras.
- **Degradación de recursos naturales:** Suelos empobrecidos y agotamiento de acuíferos.
- **Pérdida de diversidad genética:** Uso generalizado de monocultivos.
- **Salud pública:** Relación con enfermedades crónicas y epidemias de obesidad.
- **Condiciones de clima extremo:** Aceleración del calentamiento global por emisión de gases de efecto invernadero.





Beneficios de la agricultura sostenible

En contraste, la agricultura sostenible:

- **Promueve la diversidad agrícola:** Rotación de cultivos y el uso de semillas nativas.
- **Respeto los medios de vida:** Genera empleo y fomenta el desarrollo comunitario.
- **Garantiza la seguridad alimentaria:** Producción de alimentos nutritivos y culturalmente apropiados.
- **Conserva los ecosistemas:** Mitigando las condiciones de clima extremo y preservando la biodiversidad.



La agricultura sostenible ofrece un modelo más inclusivo, equilibrado y respetuoso con los límites de la naturaleza, en contraste con la agricultura industrial, que prioriza los rendimientos a costa de la sostenibilidad. Adoptar prácticas agrícolas sostenibles es fundamental para enfrentar los desafíos ambientales, sociales y económicos de este siglo, garantizando un futuro más resiliente y equitativo.

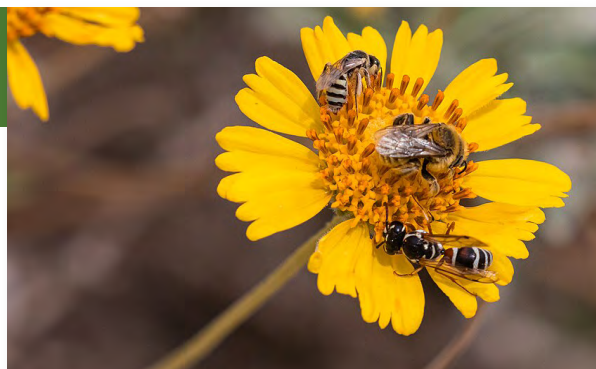
La agricultura sostenible protege la biodiversidad

La **biodiversidad**, definida por la **FAO (2018)** como la suma de todos los ecosistemas, especies y diversidad genética en ambientes terrestres, marinos y acuáticos, es un pilar esencial para la **agricultura sostenible**. Esta diversidad no solo garantiza la producción sostenible de alimentos nutritivos, sino que también sustenta los procesos ecológicos fundamentales para la vida.

La Importancia de la biodiversidad en la agricultura

1. Sostenibilidad alimentaria:

- ✧ La biodiversidad contribuye a la producción de alimentos al mantener ecosistemas agrícolas saludables, esenciales para enfrentar desafíos como:
 - **condiciones de clima extremo;**



- **crecimiento poblacional;**
- **y cambios en los hábitos alimenticios.**

- ✧ No se trata solo de producir alimentos en cantidad, sino también de garantizar **alimentos ricos en nutrientes** como vitaminas, minerales y micronutrientes.

2. Funciones ecológicas clave:

- ✧ **Polinización:** Insectos como las abejas son esenciales para la reproducción de muchas plantas.



- ✧ **Ciclo de nutrientes:** Organismos en el suelo descomponen materia orgánica, liberando nutrientes esenciales para las plantas.
- ✧ **Control biológico:** Depredadores naturales ayudan a mantener las poblaciones de plagas bajo control.

3. Relación simbiótica:

- ✧ Ejemplo: **Las abejas y las flores.**
 - Las abejas necesitan flores para producir miel.
 - Las flores necesitan la polinización de las abejas para dar frutos.
- ✧ Este equilibrio no solo sustenta la producción de alimentos, sino que también ayuda a **restaurar y conservar la biodiversidad (Conant y Fadem, 2011)**.

Prácticas de agricultura sostenible que promueven la biodiversidad

1. Diversificación de cultivos:

- ✧ Rotación y policultivos que incluyen una variedad de especies vegetales.
- ✧ Uso de cultivos de cobertura que enriquecen el suelo y fomentan la vida silvestre.

2. Conservación del hábitat:

- ✧ Mantenimiento de áreas naturales dentro y alrededor de las fincas.
- ✧ Protección de fuentes de agua y corredores ecológicos.

3. Manejo integrado de plagas:

Uso de enemigos naturales y métodos ecológicos en lugar de pesticidas químicos.

4. Apicultura y agroforestería:

Cría de abejas y plantación de árboles, que no solo benefician la producción de alimentos, sino también restauran ecosistemas.

La **biodiversidad** es el motor de la **agricultura sostenible**, esencial para producir alimentos nutritivos y enfrentar los desafíos del siglo XXI. Proteger y promover la biodiversidad agrícola no solo asegura la resiliencia de los sistemas alimentarios, sino que también conserva los **fundamentos ecológicos que sostienen la vida** y los medios de subsistencia. Sembrar diversidad es sembrar un futuro sostenible y equitativo.

La biodiversidad mejora el rendimiento de las cosechas

La **biodiversidad agrícola** desempeña un papel esencial en la **mejora del rendimiento y la sostenibilidad** de las cosechas. Según **Conant y Fadem (2011)**, los principales cultivos alimenticios, como el arroz, el maíz y el trigo, evolucionaron a partir de plantas silvestres y aún dependen de interacciones con insectos y otros organismos animales para crecer de manera óptima.



Adoptar prácticas de **agricultura sostenible** puede mejorar significativamente la producción de alimentos y garantizar su calidad. Algunos de los beneficios claves incluyen:

1. Mayor rendimiento y resiliencia:

- ✧ La diversidad de cultivos mejora la estructura del suelo y su fertilidad, promoviendo mayores rendimientos sostenidos.
 - Sistemas agrícolas biodiversos son menos propensos a problemas graves de plagas y enfermedades.



2. Promoción de la salud del ecosistema:

- ✧ **Insectos beneficiosos** como polinizadores y depredadores naturales ayudan a mantener un equilibrio en el ecosistema agrícola.
- ✧ La siembra de árboles y plantas auxiliares protege el suelo contra la erosión y conserva el agua.

3. Enriquecimiento del suelo:

Uso de fertilizantes naturales, como composta y abonos verdes, que aumentan la materia orgánica y mejoran la retención de nutrientes.

4. Diversidad nutricional:

Los sistemas agrícolas biodiversos producen una variedad de alimentos ricos en nutrientes, mejorando la calidad de la dieta y la salud general.

La **biodiversidad agrícola**, impulsada por prácticas de **agricultura sostenible**, no solo mejora la productividad de las cosechas, sino que también fortalece la resiliencia del sistema agrícola frente a plagas, enfermedades y desafíos climáticos. Estas estrategias aseguran una producción sostenible a largo plazo y promueven un entorno saludable para los agricultores, las comunidades y el planeta.

La biodiversidad: clave para una dieta saludable

Una dieta saludable depende en gran medida de la **biodiversidad**, que proporciona una variedad de alimentos esenciales para satisfacer las necesidades nutricionales humanas. Según **Conant y Fadem (2011)**, la pérdida de biodiversidad puede tener consecuencias directas sobre la disponibilidad de alimentos



saludables, afectando la nutrición y el bienestar de comunidades enteras.

La biodiversidad permite el acceso a una amplia gama de alimentos, como:

- **Frutas y verduras:** Ricas en vitaminas, minerales y antioxidantes.
- **Granos y viandas:** Fuentes clave de carbohidratos complejos y energía.
- **Alimentos silvestres:** Como pescado y animales de caza, que ofrecen nutrientes esenciales y proteínas de alta calidad.

Cuando los ecosistemas se degradan o la biodiversidad se reduce, también disminuye la variedad de alimentos disponibles. Esto puede llevar a dietas menos diversificadas, aumentando el riesgo de **mala nutrición** y problemas de salud relacionados, como:

- Deficiencia de vitaminas y minerales.
- Mayor incidencia de enfermedades crónicas.

La **pérdida de biodiversidad** pone en riesgo la capacidad de las comunidades para acceder a alimentos nutritivos y variados, aumentando la vulnerabilidad frente a problemas de salud causados por la mala nutrición. Proteger la biodiversidad no solo asegura una dieta saludable, sino que también fomenta sistemas alimentarios más resilientes, sostenibles y equitativos.

La biodiversidad protege los recursos hídricos

La **biodiversidad** desempeña un papel crucial en la protección y conservación de los recursos hídricos. Según **Conant y Fadem (2011)**, prácticas como la **deforestación** y la **agricultura industrial** tienen un impacto adverso significativo en la





calidad y disponibilidad del agua, mientras que la biodiversidad, a través de prácticas sostenibles, ayuda a mitigar estos efectos. La deforestación elimina la cubierta vegetal que protege el suelo, lo que provoca:

- Reducción en la capacidad del suelo para retener agua.
- Suelo seco durante las estaciones secas, afectando la agricultura y el suministro de agua.

El uso intensivo de **fertilizantes químicos y pesticidas** en la agricultura industrial conduce a la filtración de estas sustancias hacia:

- Ríos y lagos, contaminando las fuentes de agua potable.
- Ecosistemas acuáticos, afectando la biodiversidad y la salud de estos sistemas.

La biodiversidad protege los recursos hídricos mediante la:

- **Conservación del suelo y el agua:**

- ✧ Los ecosistemas biodiversos, como los bosques y humedales, actúan como esponjas naturales que:
 - Retienen el agua de lluvia.
 - Recargan los acuíferos subterráneos.
 - Reducen la erosión del suelo y la sedimentación en cuerpos de agua.

- **Filtración y purificación del agua:**

- ✧ La biodiversidad en el suelo, incluyendo microorganismos y raíces de plantas, ayuda a:
 - Filtrar contaminantes químicos antes de que lleguen a los ríos y lagos.
 - Mejorar la calidad del agua que fluye desde las fincas hacia los ecosistemas acuáticos.

- **Regulación del ciclo del agua:**

- ✧ Los ecosistemas saludables mantienen un equilibrio hídrico al:
 - Promover la transpiración de las plantas y la formación de lluvias.
 - Reducir la escorrentía superficial, minimizando inundaciones.

La **biodiversidad** es esencial para mantener los recursos hídricos limpios, disponibles y sostenibles. Al implementar prácticas agrícolas sostenibles y conservar los ecosistemas naturales, se puede proteger la calidad y disponibilidad del agua, garantizando tanto la seguridad hídrica como el bienestar de los ecosistemas y las comunidades.

La biodiversidad protege a las comunidades



La **biodiversidad** desempeña un papel crucial en el sostenimiento de las comunidades al garantizar el acceso a recursos naturales esenciales. Según **Conant y Fadem (2011)**, cuando la biodiversidad se pierde, se rompen los equilibrios naturales entre plantas, animales y personas, lo que agrava la pobreza y pone en riesgo la supervivencia de las comunidades. Las comunidades rurales dependen directamente de los recursos naturales para su sustento. La pérdida de estos recursos limita el acceso a alimentos, agua y medios de vida. Incrementa la vulnerabilidad económica y social. La biodiversidad protege a las comunidades a través de:

- **Sustento directo:**

- ✧ Proporciona alimentos, materiales para refugios, medicinas y otros recursos esenciales para las comunidades rurales y urbanas.



- **Estabilidad ecológica:**
 - ✧ Mantiene un equilibrio entre plantas, animales y personas, garantizando la resiliencia de los ecosistemas frente a las perturbaciones de las condiciones de clima extremo.
- **Salud humana:**
 - ✧ Los ecosistemas biodiversos:
 - Reducen la propagación de enfermedades zoonóticas al mantener hábitats naturales para animales.
 - Proveen plantas medicinales esenciales para la salud de muchas comunidades.
- **Empoderamiento económico:**
 - ✧ La biodiversidad fomenta economías locales sostenibles al apoyar actividades como:
 - Agricultura diversificada.
 - Agroturismo.
 - Producción de artesanías y productos locales.

La biodiversidad es una red de vida que protege a las comunidades al garantizar recursos, equilibrar ecosistemas y promover la salud humana. Su pérdida no solo pone en peligro especies y hábitats, sino que también afecta directamente la **estabilidad económica y social** de las comunidades, especialmente en áreas rurales. Conservar y restaurar la biodiversidad es fundamental para asegurar un futuro equitativo y sostenible para todos (Conant y Fadem, 2011).



Puerto Rico y su biodiversidad

Álvarez y Félix (2020) señalan que **Puerto Rico tiene una larga historia de producción agrícola**. Cuando los colonos españoles invadieron Borikén, nombre indígena de Puerto Rico, encontraron una diversidad de cultivos anuales y perennes seleccionados por sus propiedades nutricionales por los habitantes originales, como la yuca, el maíz, las calabazas, los frijoles, la guayaba y la guanábana, entre otros. En toda la región del Caribe se consumía una gran diversidad de especies animales y marinas. Durante los quinientos años de dominio español, la producción agrícola se caracterizó principalmente por el cultivo de café y tabaco. Tras la Guerra Hispanoamericana en 1898, cuando Puerto Rico se convirtió en un territorio no incorporado de los Estados Unidos, la producción agrícola se orientó hacia el cultivo de caña de azúcar para el mercado estadounidense.

En 1917, a los puertorriqueños se les concedió la ciudadanía estadounidense, y las relaciones comerciales con Puerto Rico pasaron a ser exclusivas de Estados Unidos, especialmente a partir de 1920 con la firma de la Ley de Marina Mercante, también conocida como Ley Jones-Shafroth. Durante la década de 1940, la isla producía el 65 % de los alimentos que consumía su población de dos millones de personas, incluidos más del 50 % de sus carnes, almidones, verduras, productos lácteos, frutas y huevos. Paralelamente, **Puerto Rico exportaba azúcar, tabaco, café y otros productos agrícolas**. Sin embargo, los alimentos de subsistencia local no se cultivaban en las tierras más fértiles, sino en las zonas rurales montañosas y marginales de



la isla (Álvarez y Félix, 2020).

La historia dio un giro en septiembre de 2017, como señalan Álvarez y Félix (2020), cuando los huracanes



Irma y María devastaron la isla caribeña de Puerto Rico, causando graves daños a la flora, la fauna, los ríos, las costas y las infraestructuras eléctricas, de transporte, habitacionales e hídricas. Estos huracanes afectaron gravemente todas las explotaciones agrícolas, tanto rurales como urbanas. En ese momento, Puerto Rico contaba con un pequeño, pero dinámico movimiento agroecológico. Las pequeñas explotaciones familiares, principalmente en los ecosistemas montañosos, producían alimentos para la autosuficiencia, mientras que los mercados de agricultores locales y los restaurantes especializados se estaban recuperando del impacto inicial. Sorprendentemente, seis meses después de los huracanes, las fincas agroecológicas en Puerto Rico lograron reanudar sus operaciones.

A pesar de estos eventos climáticos, la implementación de prácticas sostenibles es clave para alcanzar la soberanía alimentaria y la producción local de alimentos. Cada vez hay más pruebas de que estas prácticas agrícolas fomentan la conservación y restauración de los recursos naturales, además de contribuir a la mitigación de las condiciones de clima extremo.

Un desafío pendiente es cómo desarrollar una soberanía alimentaria plena, a pesar de la actual relación colonial con Estados Unidos, para optimizar la producción local de alimentos de manera sostenible, en conformidad con las necesidades y capacidades de la isla. Fomentar sinergias entre la ciencia, la academia, los profesionales

y las organizaciones comunitarias es fundamental para alcanzar estos importantes objetivos (Álvarez y Félix, 2020).

La agricultura sostenible se basa en prácticas de conservación que tienen como objetivo principal el aprovechamiento eficiente y sostenible del agua, el suelo y los elementos biológicos presentes en el entorno, con el fin de mantener la productividad de los alimentos a largo plazo. Además, estas prácticas abordan temas clave de la agenda mundial, como las condiciones de clima extremo, la seguridad alimentaria, la biodiversidad, el desarrollo comunitario y económico, entre otros. A continuación, se presentan algunas prácticas de agricultura sostenible enfocadas en la conservación del agua y del suelo.

Prácticas de conservación del recurso agua



El agua es uno de los recursos naturales esenciales para la vida en el planeta. Aunque no existe un concepto único para definir este recurso, el Manual de Conservación de Recursos Naturales del USDA-NRCS (2000) indica que **el agua es fundamental para todas las formas de vida**. Es el líquido más abundante en la naturaleza y se utiliza en una amplia variedad de sectores, como el hogar, la industria, el comercio, la recreación y la agricultura. Sin embargo, aunque es abundante, solo una pequeña fracción está disponible para el uso humano. En el ámbito agrícola, es crucial identificar la disponibilidad, cantidad y calidad de las fuentes de agua antes de desarrollar proyectos o emprender actividades agrícolas.

Del agua que llega a la tierra en forma de lluvia, un alto porcentaje se evapora, otra parte se infiltra en el suelo, y una fracción de esta se convierte en agua subterránea. El resto fluye como escorrentía y forma el agua

superficial que finalmente llega al mar. En Puerto Rico, las zonas de mayor precipitación se encuentran en las montañas, mientras que las áreas costeras, especialmente la región sur, reciben menos lluvias. Los huracanes y otros fenómenos tropicales también influyen significativamente en los patrones de precipitación a lo largo del año.

En la isla de Puerto Rico, existe un gran número de cuencas hidrográficas. Una cuenca se compone de terrenos cuyas corrientes de agua desembocan en un mismo río, quebrada o sumidero. Algunas cuencas contienen cauces represados, formando lagos artificiales. Los acuíferos subterráneos también representan una fuente importante de agua. Lamentablemente, el uso de estos recursos, tanto como fuente de agua potable como para el riego agrícola, está amenazado por la contaminación y la extracción excesiva. La situación se agrava al considerar que la calidad del agua en muchos de los ríos y quebradas no es adecuada para su uso como agua potable, como lo señala el Manual de Conservación de Recursos Naturales del USDA-NRCS (2000).



A continuación, se presentan dos prácticas recomendadas de agricultura sostenible para el manejo del recurso agua. La primera es el Manejo de Escorrentías y la segunda es la Retención de Agua. Ambas prácticas comparten el objetivo de reducir la contaminación, la erosión y la pérdida de agua, al mismo tiempo que promueven un mejor aprovechamiento de este recurso vital en la agricultura.

Manejo de escorrentías



Una de las fuentes dispersas de agua más comunes es la **escorrentía**. Esta ocurre cuando el suelo recibe más lluvia o riego del que puede absorber, y el agua no se infiltra en el terreno. La escorrentía arrastra todo lo que encuentra a su paso, incluyendo basura y otros contaminantes mal gestionados, como excrementos, residuos de plaguicidas, sedimentos, aceites y otras sustancias peligrosas, que pueden llegar a los cuerpos de agua y finalmente desembocar en el mar. El agua de escorrentía corre libremente sobre superficies impermeables, como aceras, carreteras y calles, lo que impide su infiltración en el suelo (González y Lozada, 2008).

El **manejo de escorrentías** es una práctica de conservación que permite controlar el exceso de agua de lluvia. Al implementar esta práctica, ayudamos a reducir la cantidad de escorrentía, permitiendo que el agua se infiltre en el suelo y arrastre menos contaminantes hacia los cuerpos de agua.

Si los terrenos no están protegidos por una cubierta vegetal, las escorrentías arrastran la capa superficial del suelo hacia los cuerpos de agua, contaminándolos. Aunque el agua subterránea está protegida por las capas de suelo, la presencia de sumideros, la porosidad y las fracturas en las rocas aumentan el riesgo de contaminación. En áreas como la zona kárstica en el norte de Puerto Rico, mejor conocida como la zona de los mogotes,



los contaminantes llegan a los acuíferos subterráneos a través de los sumideros (USDA-NRCS, 2000).

Según González (2008) y NRCS (2009), una estructura mal construida para el manejo de escorrentías puede:

- Causar inundaciones.
- Alterar los cauces de los cuerpos de agua.
- Aumentar la temperatura en los cuerpos de agua, afectando la vida acuática.
- Contaminar las fuentes de agua potable, lo que encarece su tratamiento.
- Una pulgada de lluvia en el techo de una estructura agrícola puede generar suficientes galones de agua para causar un gran desastre.

¿Cuál es el beneficio ambiental del manejo de escorrentía?

La práctica del manejo de escorrentías puede ofrecer los siguientes beneficios ambientales (USDA-NRCS, 2000, 2009; SEA Grant PR, 2017):

- **Reduce la erosión** del suelo.
- **Permite desviar la escorrentía** de terrenos en cultivos, corrales, comederos y charcas de almacenamiento hacia un desagüe protegido. Según González (2006), un desagüe protegido es un canal natural o construido con el tamaño adecuado para manejar la escorrentía y resistir su fuerza erosiva.
- **Mantiene las estructuras** y los alrededores secos y limpios.
- **Previene inundaciones** al aumentar la infiltración de agua en el suelo, reduciendo el flujo de agua superficial.
- **Protege de contaminantes** transportados por la escorrentía los riachuelos, arroyos, ríos y otros cuerpos de agua.
- **Proporciona refugio** para aves, mariposas, abejas y otros insectos beneficiosos.

- **Funciona** como conectores o corredores biológicos y ecológicos.
- **Evita** que el agua de lluvia se mezcle con agua contaminada.
- **Mejora la apariencia** de la finca.
- **Facilita el trabajo y la conducción** en el área cuando la superficie está seca en lugar de mojada.
- **Los animales estarán más sanos y limpios** al no quedar atrapados en el fango.

¿Cuál es el beneficio económico del control de escorrentías?

Corregir los problemas de agua alrededor de las estructuras agrícolas beneficia tanto a la finca como a los animales. Una vez solucionados estos problemas, los costos de mantenimiento de estructuras y equipos pueden reducirse. Además, es posible aumentar las ganancias al conservar los cultivos y mantener al ganado seco y saludable (NRCS, 2009).

¿Cuáles son las prácticas que aplican para manejar escorrentía?

Existen varias prácticas que reducen las escorrentías:

Jardines de lluvia (Rain gardens)

Los jardines de lluvia son áreas de captación relativamente llanas en las que se siembran plantas y gramas de raíces profundas, como el limoncillo ("Lemon Grass"), ave del paraíso ("Bird of Paradise"), oreja de elefante ("Elephant Ear"), lirio de paz ("White Flag"), antorcha encendida ("Flaming Torch Bromeliad"), entre otras variedades. El jardín debe ubicarse cerca de un área donde ocurre escorrentía. Esta práctica puede implementarse en residencias, zonas

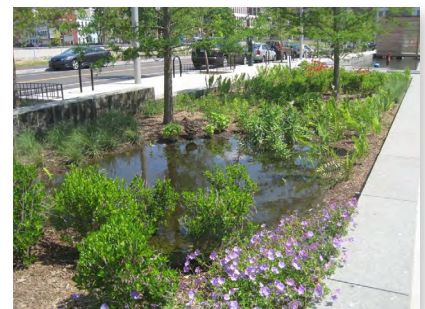




Foto por: Oregon Convention Center CC BY 2.0

agrícolas, industriales o comerciales. En las áreas de captación que proporcionan los jardines de lluvia, se depositan sedimentos, nutrientes y posibles contaminantes, lo que reduce la cantidad de estas sustancias que llegan al alcantarillado y, eventualmente, a otros cuerpos de agua (SEA Grant PR, 2017; USDA-NRCS, US Virgin Islands RC&D Council Inc., 2012).

Zanja de desviación pluvial o canal de desvío

El USDA-NRCS (2000) indica que es muy probable que el agua de lluvia fluya a través de toda la finca. **La zanja de desviación pluvial y/o canal de desvío es un cauce construido en la tierra que conduce la escorrentía a lo largo de una ladera**



hasta un desagüe protegido. Generalmente, el canal es más largo y ancho que una zanja en la ladera y está cubierto con vegetación permanente. El desagüe debe establecerse antes de implementar esta práctica de manejo. Además, se recomienda que la vegetación utilizada esté adaptada al tipo de suelo y al clima local.

El canal de desviación y la zanja en la ladera se pueden construir en terrenos que cuenten con la profundidad adecuada y que puedan resistir la fuerza erosiva del agua. Los suelos arcillosos y profundos presentan pocas limitaciones, a menos que el terreno sea muy

inclinado. Sin embargo, en suelos arenosos o poco profundos, no se recomienda la construcción de zanjas o canales (USDA-NRCS, 2000).

La distancia entre zanjas o canales depende de la inclinación del terreno, el tipo de suelo, y el uso y manejo de los cultivos. Es fundamental establecer medidas de conservación en los alrededores de la zanja o canal de desviación para evitar que se llenen de sedimentos. En terrenos destinados a la producción agrícola, la distancia recomendada entre canales es de al menos 150 pies en suelos inclinados, entre 200 y 300 pies en suelos semi llanos, y 400 pies en suelos planos (USDA-NRCS, 2000).



Foto por: Judgefloro CC BY-SA 4.0

Filtro vegetativo

Los filtros vegetativos **son hileras de vegetación instaladas estratégicamente** para proteger la calidad del agua, ya que reducen la cantidad de sedimentos, materia orgánica, nutrientes y pesticidas que pueden llegar a los cuerpos de agua (SEA Grant PR, 2017).

El césped es el mejor lugar para dirigir el flujo del agua, ya que permite que tanto el agua como los contaminantes penetren en el suelo, mientras que la hierba atrapa los sedimentos que el agua arrastra. Las franjas de césped que actúan como filtros o amortiguadores deben diseñarse con el ancho y la pendiente adecuados para evitar que se genere un problema de erosión.

Consideraciones generales

Para establecer la práctica más adecuada, es importante considerar la magnitud



de la escorrentía que debe manejarse adecuadamente. El volumen de la escorrentía depende de factores como el clima, la vegetación, el tipo de suelo, el tamaño de la finca y las descargas directas provenientes de carreteras, caminos y estructuras. También deben tenerse en cuenta los eventos de lluvia intensa, que pueden generar escorrentías fuera de lo normal (USDA-NRCS, 2020).

Los costos de implementación dependerán de una evaluación de las prácticas que la finca necesite. No es necesario realizarlas todas al mismo tiempo. Es fundamental preparar un plan para el funcionamiento y mantenimiento del sistema de manejo de escorrentías, adaptado a las prácticas que se implementen en la finca.

El manejo de escorrentías y su contribución a los retos de clima extremo

Debido a los retos de clima extremo, las tormentas y las lluvias ocurren con mayor intensidad y frecuencia. Estos eventos incrementan las escorrentías, las inundaciones y la erosión. Las buenas prácticas de manejo ayudan a reducir las escorrentías de aguas pluviales, la erosión y los efectos de la sedimentación. Por lo tanto, estas prácticas contribuyen a mejorar la calidad del agua y a minimizar la pérdida de suelo fértil en las fincas (SEA Grant PR, 2017).

Retención de agua

El agua es un recurso vital para la producción de cultivos y la crianza de animales. Los seres vivos están más adaptados a sobrevivir con escasez de alimentos que con falta de agua. El agua disponible, si no se aprovecha de inmediato o se almacena para uso futuro, fluye fuera de la zona de interés. Si el agricultor no la reutiliza para cultivos, pasto u otras actividades agrícolas, el agua pasa a otras fases y componentes del ciclo hidrológico, como escorrentías, cauces de quebradas y ríos, entre otros (FAO, 2013).

La precipitación de agua de lluvia es la primera fuente que el agricultor debe registrar como agua disponible en su finca. Durante eventos de sequía severa, las fuentes recurrentes de agua para uso agrícola podrían verse interrumpidas. Se recomienda que la cantidad de agua almacenada cubra, como mínimo, una semana de riego durante la etapa de mayor consumo del cultivo (Rodríguez et al., 2023).

El agua que no se retiene en la finca se pierde por los siguientes medios:

- Agua de lluvia que no logra infiltrarse y forma escorrentía.
- Infiltración profunda, fuera del alcance del sistema radicular de las plantas.
- Evaporación de las superficies de agua libre o superficies húmedas.
- Transpiración de las plantas.

Si la intensidad de la precipitación supera la velocidad de infiltración de la superficie donde cae, habrá un exceso de agua que escurrirá sobre la misma agua. Si este volumen de agua no es retenido y almacenado de inmediato, se escapará, causando daños como la erosión del suelo y afectando a las semillas y plantas jóvenes, entre otros. Las superficies porosas, como el suelo, permiten la filtración y generan menos escorrentía que las superficies poco permeables, como patios y techos, que generan una mayor cantidad de escorrentía que puede ser recolectada (FAO, 2013).

¿Cuál es el beneficio ambiental de la retención de agua?

La FAO (2013) y USDA-NRCS (2020), señalan los siguientes beneficios principales de esta práctica:

- **Contribuye de manera significativa a la disponibilidad de agua.**

- **Mantiene el riego** de manera constante.
- **Previene la erosión** causada por las escorrentías.
- **Proporciona agua** para la vida silvestre.
- **Reduce la pérdida de agua** al aprovechar mejor este recurso natural.
- **Aumenta el uso racional del agua** debido a la retención y el aprovechamiento de la lluvia.
- **Previene la contaminación** de cuerpos de agua.
- **Proporciona un suministro constante** de agua para la finca.

¿Cuál es el beneficio económico?

Esta práctica **añade valor a la finca**, ya que la lluvia es el recurso más común y no tiene costo para su uso en la finca. Aunque la lluvia se distribuye de natural en el área, el agricultor no tiene control sobre su volumen, frecuencia o distribución geográfica. En este sentido, la lluvia es un fenómeno natural completamente aleatorio. Sin embargo, se pueden establecer parámetros estadísticos sobre su comportamiento en una zona determinada, basándose en su ocurrencia histórica y en modelos de predicción (USDA-NRCS (2000); FAO (2013).

Usar de forma eficiente el agua debe ser un objetivo inherente a cualquier fin. Inclusive, si no hay déficit, considerando la necesidad de uso racional del agua. En particular, debe ser una norma para quienes tienen disponible poca agua, ahorrar para tenerla por más tiempo. Por ello, la evaluación de la situación de uso y la aplicación de prácticas que ayuden a ahorrar el agua deben ser parte de todos los proyectos agrícolas. Implementarlas puede mejorar el uso de agua en la finca y hacer que la escasez sea, menos severa (FAO, 2013).

El uso de prácticas de retención de agua de lluvia se vuelve más necesario en la medida que:

- El volumen de precipitación es inferior a la cantidad requerida para los diferentes usos en la finca.
- Su distribución es incierta, con un patrón poco definido, lo que puede resultar en excesos o déficits de agua en diferentes regiones y periodos del año.



Foto por: cristina.sanvito, CC BY 2.0

¿Qué sistemas se pueden utilizar para la retención de agua?

Un sistema de retención de agua consta de una zona de captación y una instalación de almacenamiento. Esto requiere diseñar el área de captación para proporcionar la cantidad necesaria de agua para el propósito previsto y la instalación de almacenamiento para retener la cantidad de agua entre eventos de lluvia (USDA-NRCS, 2020).

El almacenamiento de agua debe ajustarse al tamaño de la producción agrícola de la finca. Las estructuras típicas para almacenar agua destinada al riego en la finca incluyen cisternas, tanques, charcas, cajas de agua, embalses, entre otros (Rodríguez et al., 2023).

Cisterna, tanque de agua y cajas de agua

La función principal de estos sistemas de captación **es recoger y almacenar el agua de lluvia que, de otro modo, se perdería como escorrentía.** El objetivo de manejar la escorrentía es evitar que la lluvia socave el terreno o ingrese a las estructuras de la finca. Si no existen canaletas o canales adecuados para dirigir el agua hacia un desagüe protegido que filtre y reduzca los contaminantes, como un canal natural o construido con el tamaño adecuado para





manejar la escorrentía y resistir su fuerza erosiva, el agua se acumulará alrededor de las estructuras causando problemas. La instalación de canaletas, cisternas, tanques, cajas de agua, desagües de grava u otros componentes puede mantener secos a los animales, conservar los cultivos y evitar la formación de fango. Estas canaletas pueden ser de plástico, aluminio o metal galvanizado (USDA-NRCS, 2000; Sea Grant PR, 2017).

Las cisternas, tanque y caja de agua de almacenamiento pueden ser elevados o estar situados sobre la superficie. Las reservas elevadas suelen tener formas esféricas o cilíndricas y se colocan sobre columnas o pilares. Por otro lado, las cajas de aguas suelen ser cuadradas y están construidas en concreto.



En Puerto Rico, es más común la construcción de tanques directamente sobre la superficie del suelo. Es fundamental instalar los tanques sobre una base firme y nivelada. La mayoría de los tanques se construyen con bases rectangulares o circulares y pueden estar hechos de hormigón, acero, plástico, madera o vejigas de goma (USDA-NRCS, 2020).

Para establecer las estructuras necesarias para el almacenamiento de agua, es fundamental determinar las necesidades hídricas de los cultivos en su etapa adulta y de fructificación, así como otras demandas de agua en la finca.

Las cisternas y tanques de agua se utilizan para almacenar volúmenes de agua entre 200 y 10,000 galones. Generalmente, se emplean en producciones de hasta tres

cuerdas o menos, aunque también existen tanques de tamaño industrial que pueden almacenar hasta 100,000 galones (Rodríguez et al., 2023).

Captación de agua de lluvia de techos o cosecha de agua lluvia



La captación o cosecha de agua de lluvia es una práctica que **consiste en instalar un sistema para recolectar y almacenar el agua que cae sobre los techos de las estructuras de la finca**. Debido a su naturaleza impermeable, los techos generan un volumen de escorrentía casi igual al volumen de lluvia. Su posición elevada e inclinada facilita la captación y el almacenamiento del agua. Las canaletas, colocadas en la parte inferior del plano inclinado, recogen la escorrentía del techo y a través de una tubería, la conducen hacia una estructura de almacenamiento, generalmente tanques o cisternas, donde el agua se almacena para su uso en la finca (Sea Grant PR, 2017).

Para determinar el volumen de agua que puede recoger un techo se utiliza la siguiente ecuación $V = R \times A \times e \times K$:



Tabla 2

Ecuación del volumen del agua

Símbolo	Descripción	Unidades
V	Volumen de agua de lluvia que se puede recoger en los techos.	galones/tiempo
R	Precipitación: Se utilizará la data de precipitación mensual histórica en Puerto Rico	pulgadas/tiempo
A	Área superficial del techo disponible para recoger agua de lluvia.	pies ²
e	Eficiencia del área para recoger agua de lluvia: 75 % para tierra (techos verdes) 80 % promedio (techos hormigón) 95 % para metal (techos zinc)	sin unidad
K	Conversión de pies ³ a galones y de pies a pulgadas.	7.48 galones/pies ³ 1 pie/12 pulgadas%

Los componentes del sistema de captación de agua en techos son los siguientes:

- **El techo** es el componente más importante del sistema. Debe estar hecho de un material impermeable, liso y uniforme, sin deformidades.
- **Las canaletas** son las estructuras que se colocan en la parte inferior del techo para captar el agua que escurre por el declive y conducirla hacia un lugar de almacenamiento.
- **El tubo de conducción**, que conecta con la canaleta, dirige el agua hacia la cisterna de almacenamiento.
- **La cisterna** es uno de los sistemas de almacenamiento donde se acumula el agua de lluvia.

Charcas de riego

Las charcas de riego **se utilizan comúnmente para almacenar mayores volúmenes de agua provenientes de fuentes como pozos, ríos, quebradas, canales de riego y manantiales**. Es importante tener en cuenta que, para extraer o utilizar agua de fuentes naturales, se requiere obtener un permiso del Departamento de Recursos Naturales y Ambientales de Puerto Rico (DRNA).





Las charcas de almacenamiento requieren de un diseño cuidadoso, una construcción segura y la garantía de un funcionamiento hidrológico adecuado. Para recibir asistencia técnica en el diseño de charcas destinadas a la producción, se recomienda contactar las oficinas del USDA-NRCS, la oficina de Ingeniería del Servicio de Extensión Agrícola de la Universidad de Puerto Rico Recinto de Mayagüez o un ingeniero profesional con licencia para ejercer la profesión en Puerto Rico (Rodríguez et al., 2023).

La retención de agua y su contribución a los retos de clima extremo

Los retos de clima extremo alteran la frecuencia y la intensidad de las lluvias, las crecidas de los cuerpos de agua y las sequías, lo que afecta significativamente a la agricultura y a la producción de alimentos (ONU-AGUA, 2019). La agricultura es el mayor usuario de agua en todo el mundo y representa, en promedio el 70 % de la extracción total de agua dulce; estas cifras pueden llegar hasta el 95 % en algunos países en desarrollo, según la FAO (2017).

La retención de agua contribuye al ahorro de este recurso, ayuda a mantener la humedad en el suelo y mitiga los efectos de sequías e inundaciones, aumentando así la resiliencia de los agricultores frente a los retos de clima extremo.

Prácticas de conservación del recurso suelo

El suelo es un recurso vital para la producción de alimentos, ya que forma la parte superficial de la corteza terrestre en donde crecen las plantas y habitan numerosos organismos. Puerto Rico se caracteriza por la gran diversidad de suelos, al punto de que en una misma finca pueden coexistir varios tipos de suelos que requieren manejos distintos. Para determinar cómo trabajar adecuadamente con estos suelos, es fundamental conocer sus propiedades y características (USDA-NRCS, 2000 y Martínez, 2007).

Según el *Soil Taxonomy*, el sistema oficial de clasificación de suelos del *United States National Cooperative Soil Survey*, la diversidad ecológica de Puerto Rico se refleja en la variedad de sus suelos. De los doce órdenes establecidos por el *Soil Taxonomy*, diez están presentes en Puerto Rico con la siguiente distribución porcentual: **Alfisolos (3.6 %), Aridisoles (1.1 %), Entisoles**



<https://eos.com/es/blog/tipos-de-suelo>

(4 %), Histosoles (0.5 %), Inceptisoles (30.5 %), Molisoles (15.5 %), Oxisoles (7.8 %), Spodosoles (0.2 %), Ultisoles (18.8 %) y Vertisoles (4.2 %). El clima tropical de la Isla impide la formación de **Gelisoles**, suelos que deben tener *permafrost* (una capa de suelo bajo la superficie que permanece congelada por al menos dos años). Tampoco se encuentran **Andisoles**, formados principalmente en zonas de origen volcánico (Muñoz et al., 2017).

Martínez (2007) y Padín (2009) señalan que Puerto Rico enfrenta numerosos retos para lograr un desarrollo sostenible en la planificación de sus usos de suelo. Al ser una isla caribeña de extensión limitada, su poca tierra constituye uno de sus recursos más valiosos. El suelo es un recurso imprescindible en la agricultura, pues alberga millones de organismos vivos y sirve como base para el desarrollo óptimo de los cultivos. Los suelos de alto rendimiento constituyen un ecosistema capaz de beneficiar tanto a las plantas como a los animales, ya que proporcionan nutrientes, absorben y retienen el agua de lluvia para su uso en periodos de sequía, la filtran y almacenan. De esta manera, es fundamental reducir las sustancias potencialmente contaminantes y ofrecer un hábitat que permita el crecimiento y la diversificación de la población biológica del suelo, asegurando así el funcionamiento adecuado del sistema.

El suelo es un sistema vivo, y un suelo sano debería verse, olerse y sentirse vivo. Un suelo sano puede incrementar la producción agrícola, aumentar las ganancias y proteger recursos naturales como el aire y el agua (USDA-NRCS, s.f.).

“El suelo es el principal recurso natural que posee cualquier país. Si un país no tiene buenos suelos, no tendrá buena agricultura, no producirá alimentos de calidad y será incapaz de alimentar a su población. Por ello, debemos promover la ciencia del suelo y la conservación de este valioso recurso

natural”, afirma el doctor Miguel A. Muñoz, catedrático del Departamento de Ciencias Agroambientales (Vélez, 2019).

Barrera vegetativa

¿Qué es una barrera vegetativa?

Rodríguez et al. (2023) y USDA-NRCS (2021) definen la **barrera vegetativa** también llamada franja vegetativa o barrera viva, como una hilera de plantas perennes, densas y rígidas, incorporadas al paisaje, que se cultivan a lo largo del contorno en terrenos inclinados. La **barrera vegetativa** es una práctica que contribuye a la conservación del suelo y el agua en los terrenos agrícolas. Generalmente, se siembra al contorno, especialmente en áreas con pendiente, para controlar la erosión. Una de sus características principales es la siembra directa al suelo con una población de alta densidad; esto permite que actúen como barreras (García, 2011)



Foto por Harry Rose, CC BY 2.0



¿Cuál es el beneficio ambiental de la barrera vegetativa?

La USDA-NRCS (2000, 2021, s.f.), García (2011) y Yepes (2004) señalan que esta práctica se utiliza con los siguientes propósitos:

- **Controlar** la erosión y la formación de surcos en terrenos inclinados.
- **Reducir** la velocidad de la escorrentía, dispersarla de forma uniforme y evitar la erosión.
- **Filtrar** el transporte de sedimentos e impedir que lleguen a los cuerpos de agua.



- **Dispersar** corrientes de agua y disminuir la formación de cárcavas efímeras.
- **Facilitar** la formación de terrazas o bancos.
- **Servir** de línea guía para la siembra.
- **Mejorar y conservar** la fertilidad natural del suelo cultivado.
- **Mejorar** la calidad del agua.
- **Proveer** refugio y alimento para la vida silvestre.

¿Cuál es el beneficio económico?

Contribuye a mantener los suelos con una mejor retención de humedad, conserva su fertilidad, aumenta la productividad, mejora la estética del paisaje y, en consecuencia, eleva el valor comercial de los terrenos. Además, ofrece refugio y alimento para la vida silvestre (Yepes, 2004).

¿En cuáles condiciones de terreno aplica esta práctica?

Esta práctica se emplea en todo tipo de uso de la tierra donde existan problemas de erosión, por ejemplo, la formación de surcos o de cárcavas efímeras que afecten el recurso suelo. Para establecer esta práctica se debe tener en cuenta que el contorno dentro del terreno sean pendientes moderadas y sembrarlas en hileras a lo largo de un canal de drenaje USDA-NRCS (2021, s.f.).

¿Qué plantas se pueden utilizar como barrera vegetativa?

Las plantas recomendadas son aquellas que se adaptan bien a las condiciones locales de suelo y clima, de fácil establecimiento, larga vida, y que crecen de forma rígida y abundante. Una de las más aconsejables es el **vetiver**, también conocida como **pacholí**



(*Chrysopogon zizanioides*), gracias a sus características favorables. Entre ellas, destaca la profundidad y firmeza de sus raíces, que pueden llegar a más de 15 pies de longitud, lo que la convierte en una especie herbácea de gran relevancia para mantener y mejorar la calidad de los suelos y del agua. Asimismo, tiene un ciclo de vida perenne y es nativa de la India. En el Caribe, ha estado presente por más de 100 años (USDA-NRCS, 2000, 2015).

Rodríguez et al. (2023) señalan que, aunque se requiere de más investigación científica sobre qué plantas emplear y cuál es el método más adecuado de establecer barreras vegetativas en la producción de hortalizas en Puerto Rico, el vetiver o pacholí ha demostrado su adaptabilidad en la Isla. Esta planta puede reducir la erosión del suelo cuando se utiliza en pendientes entre el 30 % y 40 % de inclinación, debido a que posee un sistema radicular fuerte, compacto y tallos rígidos.

El **vetiver** es una planta estéril que no se propaga. Tolera plagas y fuego; además, sus raíces son profundas y no interfieren con el crecimiento de la mayoría de los cultivos. Es relativamente económica, fácil de cultivar y requiere pocos cuidados. También es posible emplear otras plantas para estos fines (USDA-NRCS, s.f.).

Yepes (2004) señala que, al seleccionar las especies para barreras vegetativas, se deben tomar en cuenta los siguientes aspectos:

- Que sean de **fácil manejo** en cuanto a la poda.
- Que sean **fijadoras de nitrógeno**.
- Que **produzcan abundantes hojas**, flores y ramas para incorporarlas al suelo como abono orgánico.
- Que tengan **poca altura**, de manera que no compitan por luz con el cultivo.
- Que posean **alta capacidad de rebrote**.

¿Cuáles especificaciones aplican a esta práctica?

La inclinación del terreno influye en la implementación de las barreras vegetativas. Según USDA-NRCS (2000, 2001), se deben considerar aspectos como la localización, la longitud, el ancho y la pendiente o inclinación del suelo. Además:

- La barrera vegetativa estará compuesta por un mínimo de **dos hileras**.
- El **ancho mínimo** de la barrera será de **12 pulgadas**.
- La **distancia mínima entre barreras** se determinará utilizando la misma ecuación que se emplea para establecer la distancia entre terrazas o zanjales a nivel.
- La barrera se establecerá lo más a nivel posible, permitiendo cierta **flexibilidad** para facilitar el uso de maquinaria de siembra, cultivo o cosecha.

Manejo y mantenimiento

La USDA-NRCS (2000, 2001) sugiere inspeccionar periódicamente la **barrera vegetativa** o **barrera viva** para garantizar su buen funcionamiento:

- **Reemplazar** las secciones sin vegetación o con plantas muertas o enfermas por vegetación saludable.
- **Podar** las plantas antes de la floración para evitar que se propaguen por el terreno y compitan con el cultivo.
- **Realizar mantenimiento** tras el paso de huracanes, lluvias intensas, incendios u otros eventos (incluidos los cambios ocasionados por procesos de construcción).

La barrera vegetativa y su contribución a los retos de clima extremo

Esta práctica aumenta la resistencia de

los cultivos y terrenos donde se implementa frente a eventos climáticos cada vez más impredecibles, siempre que se establezca y maneje de forma adecuada. De acuerdo con Martínez-Rodríguez et al. (2017), esto se debe a los siguientes factores:

- **Mejora la estructura física del suelo** y su capacidad para controlar contaminantes provenientes de la escorrentía de agua y del viento.
- **Reduce los niveles de inundación.**
- **Protege los hábitats**, al disminuir la temperatura en las zonas donde se localiza y crear un microclima favorable para las especies circundantes.
- **Contribuye a la captura de carbono.**

Rotación de cultivos



¿Qué es la rotación de cultivo?

Esta práctica de conservación **consiste en una serie de secuencias de cultivos en un mismo terreno, en las que se emplean distintas especies vegetales a lo largo del tiempo para mantener la fertilidad del suelo (Kolmans, 1999)**. Implica alternar diferentes familias de plantas con requerimientos nutricionales diversos, siempre en el mismo espacio, lo que permite equilibrar los nutrientes disponibles en el suelo.

Los cultivos se alternan en períodos denominados **ciclos de rotación**. Por ejemplo, una siembra de hortalizas puede durar de



cuatro a seis meses, seguida de ñame; luego, el terreno puede dejarse sin cultivar durante un período que el agricultor establezca de acuerdo con sus recursos disponibles (USDA-NRCS, 2000).

La rotación de cultivos, según la FAO (2018), tiene como objetivo desarrollar **sistemas de producción diversificados que garanticen la sostenibilidad del suelo**. De esta forma, los cultivos se alternan de acuerdo con los ciclos de producción establecidos, con el fin de mantener la fertilidad del suelo y reducir los procesos de degradación del suelo por la erosión.

Un aspecto muy importante en la rotación de cultivos son las **fechas de siembra**, de **cosecha** y el **tiempo** necesario para la **preparación del suelo**. Es muy útil elaborar un plan de rotación y asociación de cultivos, pues de esa manera se puede planificar el **orden** en el **espacio** y en el **tiempo**, además de considerar las áreas y volúmenes de producción, entre otros factores (Kolmans, 1999).

De acuerdo con Kolmans (1999), la adecuada planificación de un **plan de rotación** permite ajustarse a los requerimientos del suelo en los predios respectivos. Por ejemplo, un plan de rotación puede comenzar con un abono verde o un cultivo forrajero que aporte gran cantidad de biomasa y nitrógeno (leguminosas “granos”), generando así las condiciones de fertilidad que requiere el cultivo posterior. Es conveniente asociar, en la medida de lo posible, cultivos extractivos con cultivos generadores de fertilidad, tal como sucede en el caso tradicional de la asociación maíz + frijol.

Una manera de planificar la rotación de cultivos consiste en **dividir el área de siembra en parcelas similares**. Por conveniencia, se recomienda dividir las en la misma cantidad de ciclos y determinar los cultivos para asegurar un trabajo adecuado de rotación. Además, se deben alternar y sustituir los

cultivos de acuerdo con sus distintos sistemas radicales y requerimientos nutricionales, tal como señala Kolmans (1999).

¿Cuál es el beneficio ambiental de la rotación de cultivo?

La FAO (2018) y USDA-NRCS (2000, 2014) señalan que la rotación de cultivos se emplea para lograr los siguientes beneficios ambientales:

- **Aumentar el contenido de nitrógeno** disponible en el suelo, un elemento esencial para los cultivos.
- **Disminuir** la presencia de **hierbas no deseadas**, insectos, plagas y enfermedades en las plantas.
- **Reducir** el uso de pesticidas.
- **Limitar** el alimento de las plagas, de modo que no puedan establecerse al no contar con su fuente de alimento de manera continua.
- **Controlar la erosión**, la formación de surcos y la sedimentación.
- **Conservar la fertilidad natural del suelo** y el contenido de materia orgánica.
- **Mejorar** la labranza.
- **Disminuir** la contaminación de los cuerpos de agua por exceso de nutrientes.
- **Optimizar** la eficiencia de la humedad del suelo.
- **Proporcionar alimento y hábitat** para la vida silvestre.

¿Cuáles son los beneficios económicos de la rotación de cultivo?

Entre los beneficios económicos se pueden destacar los siguientes (USDA-NRCS, 2000; FAO, 2018; Yepes, 2004):



- **Ahorro en gastos de fertilizantes**, pues se reduce el uso de fertilizantes químicos y, por ende, la contaminación del suelo y del agua.
- **Disminución en costos de mano de obra.**
- **Reducción del uso de fertilizantes nitrogenados** y de la necesidad de fertilizantes sintéticos.
- **Disminución del costo de plaguicidas** para el control de plagas, lo que también previene la contaminación de suelos y cuerpos de agua.
- **Diversificación de productos agrícolas** en la empresa.
- **Incremento en la diversidad de especies**, lo cual posibilita una alimentación más balanceada y contribuye a mejorar la seguridad alimentaria.
- **Evita el deterioro de la finca.**
- **Mejora la estética del paisaje**, incrementando el valor comercial de los terrenos y proporcionando refugio y alimento para la vida silvestre.
- **Previene el agotamiento o desgaste del suelo**, favoreciendo una mayor producción.

Muchos agricultores reconocen que la rotación de cultivos es indispensable para mantener la productividad del terreno. Los agricultores expertos diseñan sus rotaciones con el fin de obtener ingresos y, a la vez, mejorar la calidad del suelo, es decir, generar “capital del suelo”. Además, establecer un plan y llevar registros de rotación de cultivos resulta fundamental para la certificación orgánica de una finca (Mohler, 2009).

¿En cuáles condiciones de terreno aplica la práctica?

Esta práctica se aplica a todos los terrenos donde, durante cada ciclo establecido, se cultiva al menos un cultivo dentro de la rotación. Es importante recordar que, en latitudes tropicales y subtropicales, los sistemas de producción agrícola deben imitar en la mayor medida posible la diversidad de los ecosistemas naturales. En el trópico, se debe evitar adoptar de manera equivocada experiencias diseñadas para condiciones de clima templado, cuyos ecosistemas naturales presentan una menor diversidad (Kolmans, 1999; USDA-NRCS, 2014).

Pasos de la planificación de rotación de cultivos

Según Mohler (2009), los pasos para planificar la rotación de cultivos son:

1. Identificar las metas de la rotación de cultivos

Por ejemplo: cumplimiento de regulaciones orgánicas, control de malezas, control de enfermedades, y mejora de la calidad del suelo.

2. Contar con una lista de cultivos asociados

Es conveniente saber qué cultivos pueden rotarse entre sí o asociarse de forma beneficiosa.

3. Evitar siembras excesivas de la misma familia de plantas

Rotar diferentes familias de cultivos previene problemas de plagas y enfermedades, y ayuda a mantener el equilibrio nutricional del suelo.

4. Identificar asociaciones de cultivos y secuencias cortas que funcionen en su finca, incluyendo cultivos de cobertura



Esto permite aprovechar mejor la tierra y mantener la fertilidad, además de reducir la erosión y el uso de químicos.

5. Hacer un mapa de planificación de rotación de cultivos, marcando los predios o parcelas problemáticas

Así se pueden evitar cultivos sensibles en áreas donde haya historial de plagas, enfermedades o condiciones que dificulten su desarrollo.

Es fundamental que el plan sea suficientemente flexible para adaptarse a las condiciones cambiantes tanto de la

economía como del clima, garantizando al mismo tiempo la salud del suelo y la sostenibilidad económica de la finca. Las operaciones diversificadas que incluyen una amplia variedad de cultivos deben priorizar una adecuada planificación de la rotación y secuencia de siembras. Para lograrlo, es imprescindible mantener registros detallados y precisos de las siembras realizadas en cada parcela, lo que facilitará la toma de decisiones informadas y asegurará un manejo eficiente de los recursos disponibles.

A continuación, familias de las plantas más comunes en Puerto Rico y sus cultivos asociados:

Tabla 3

Familia de plantas

Familia de plantas	Cultivos
Gramineae	Maíz dulce, caña de azúcar
Leguminoseae	Habichuela (frijoles), habichuelas tiernas.
Cruciferae	Brócoli, coliflor, coles de Bruselas, repollo, repollo chino, rábano.
Amaryllidaceae	Ajo, puerro, cebolla, cebollín.
Cucurbitáceas	Calabaza, pepinos, melones
Solanáceas	Tomate, berenjenas, pimientos, ají dulce, pimentones, tabaco.
Compositae	Lechugas, alcachofas, girasoles
Quenopodiáceas	Remolachas, espinacas, acelgas
Apiaceae (Umbelliferae)	Anís, apio, cilantro, eneldo, zanahoria, perejil, hinojo
Rosacea	Fresa

USDA, NCAT, ATTRA. (2015) e Irizarry (s.f.)



La rotación de cultivo y su relación con los retos de clima extremo

La rotación de cultivos desempeña un papel clave en la mitigación de los retos de clima extremo al contribuir significativamente a la captura de carbono y la reducción de emisiones de gases de efecto invernadero. Esto mejora la salud del suelo, disminuyendo la dependencia de fertilizantes químicos que, al descomponerse, liberan óxidos nitrosos (N_2O), un potente gas de efecto invernadero. Además, promueve la restauración del contenido de materia orgánica en el suelo, fortaleciendo su estructura y capacidad de retención de agua. Esta práctica, recomendada por la FAO (2003), ofrece un enfoque sostenible para contrarrestar los retos de clima extremo, al tiempo que aumentan la resiliencia y productividad de los sistemas agrícolas.

Siembras al contorno



¿Qué es la siembra al contorno?

La siembra al contorno es una práctica agrícola sencilla y económica que tiene como principal propósito **controlar la erosión del suelo**. Ésta es recomendada para cualquier tipo de cultivo, especialmente en áreas con pendientes, ya que consiste en sembrar los cultivos en hileras de manera **perpendicular a la pendiente**, siguiendo las curvas de nivel o la forma natural del terreno (USDA-NRCS, 2000, 2017).

En las zonas montañosas, la siembra al contorno implica la preparación de zanjas y surcos que se trazan en dirección opuesta a

la pendiente, respetando las curvas a nivel del terreno. Esta disposición ayuda a reducir la velocidad del agua durante lluvias intensas, disminuyendo así las escorrentías y el riesgo de pérdida de suelo. Además, mejora la infiltración del agua en el suelo, promoviendo un manejo más eficiente de los recursos hídricos y una mayor sostenibilidad en la producción agrícola (Rodríguez et al., 2023).

Martínez (2015) destaca que esta práctica complementa otras estrategias de conservación como las **zanjas de ladera, la siembra de cero labranzas y el cultivo de cobertura**. Asimismo, se recomienda que todas las operaciones de labranza, manejo, y prácticas agronómicas y culturales se realicen siguiendo las curvas de nivel. Estas operaciones no solo reducen la escorrentía, sino que también fomentan la infiltración de agua, controlan la erosión, y disminuyen la pérdida de nutrientes y la contaminación del agua con plaguicidas y sedimentos.

¿Cuál es el beneficio ambiental de la siembra al contorno?

La siembra al contorno ofrece múltiples beneficios ambientales y agrícolas al optimizar el uso del suelo y los recursos naturales. Según el USDA-NRCS (2000, 2017) y Sea Grant PR (2017), los principales beneficios incluyen:

- **Aumento** de la disponibilidad de agua para las plantas, lo que mejora su desarrollo y producción.
- **Reducción** del transporte de sedimentos hacia las aguas superficiales, minimizando la contaminación y preservando los ecosistemas acuáticos.
- **Disminución** de la fuerza erosiva del agua, contribuyendo a reducir la erosión laminar, de surcos y cárcavas efímeras.
- **Conservación** de la capa fértil del



suelo, que es esencial para mantener la productividad agrícola y proteger la calidad del agua.

- **Mejor** desarrollo de los cultivos, gracias a una mayor retención de humedad y una mejor asimilación de los nutrientes disponibles en el suelo.
- **Facilitación** de prácticas agrícolas complementarias, como la aplicación eficiente de fertilizantes y plaguicidas, el manejo de la cosecha y la implementación de sistemas de riego por goteo.
- **Acortamiento** del largo efectivo del terreno, lo que reduce la velocidad de las escorrentías y mejora el control hídrico en pendientes.

Esta práctica no solo protege los suelos y los recursos hídricos, sino que también favorece la sostenibilidad y la eficiencia en las prácticas agrícolas, haciendo posible un manejo más responsable y productivo del medio ambiente.

¿Cuál es el beneficio económico de la siembra al contorno?

La siembra al contorno no solo ofrece ventajas ambientales, sino también importantes beneficios económicos que contribuyen al desarrollo sostenible de las fincas agrícolas. Según **SEA Grant PR (2017)**, los beneficios económicos clave incluyen:

- **Mayor productividad de los suelos**, al conservar su fertilidad y retener mejor la humedad, lo que resulta en rendimientos agrícolas más altos y consistentes.
- **Reducción de costos de insumos**, como fertilizantes y agua, al mejorar la eficiencia del uso de recursos y minimizar pérdidas por erosión.
- **Valorización comercial de los**

terrenos, ya que los suelos manejados adecuadamente y con menor degradación tienen mayor valor en el mercado agrícola.

- **Mejora de la estética del paisaje**, lo que puede aumentar el atractivo de las tierras para actividades agrícolas diversificadas, como el agroturismo.
- **Contribución al refugio y alimentación de la vida silvestre**, lo que fomenta la biodiversidad y puede atraer apoyo económico a través de programas de conservación.

En conjunto, estos beneficios permiten a los agricultores optimizar su inversión en prácticas agrícolas sostenibles, aumentando la rentabilidad y la resiliencia de sus sistemas de producción.

¿Qué características debe tener el terreno para la siembra al contorno?

Para implementar la siembra al contorno de manera efectiva, es importante que el terreno cumpla con ciertas características específicas. Según la USDA-NRCS (2017), estas son las consideraciones clave:

- **Pendientes recomendadas:**
 - ✧ La práctica es más eficaz en pendientes con una inclinación entre 2 % y 10 %.
 - ✧ Es menos efectiva en pendientes que excedan el 10 % y en áreas donde las precipitaciones superen las 6.5 pulgadas durante 10 años y 24 horas.
- **Condiciones de humedad:**

En terrenos húmedos y planos, se recomienda inclinar los surcos para facilitar el drenaje y eliminar el exceso de agua, evitando daños al sistema radicular de las plantas.



- **Exposición al sol:**

El terreno debe facilitar el aprovechamiento óptimo de la luz solar. La sombra excesiva en áreas inclinadas puede reducir significativamente la producción de cultivos.

- **Topografía:**

No es adecuada para terrenos con topografía ondulada y pendientes irregulares, ya que es difícil mantener los criterios de nivelación necesarios.

- **Longitud de las pendientes:**

Es más efectiva en pendientes de entre 100 y 400 pies de longitud. En pendientes más largas, el volumen y la velocidad del agua superficial pueden exceder la capacidad de las crestas de nivel para contenerlas.

- **Marcación de líneas guía:**

En terrenos irregulares, puede ser necesario marcar más de una línea guía para asegurar una implementación adecuada.

- **Adaptación según el tipo de suelo:**

La inclinación de los surcos debe adaptarse al tipo de suelo, las ondulaciones del terreno, la distancia entre surcos y las prácticas agrícolas implementadas.

Estas características aseguran que la siembra al contorno se lleve a cabo de manera eficiente, maximizando sus beneficios para la conservación del suelo y la mejora de la productividad agrícola.

¿En qué consiste la práctica de la siembra al contorno?

La siembra al contorno consiste en trazar hileras de cultivo siguiendo las curvas de nivel del terreno, con el objetivo de controlar

la erosión y maximizar el aprovechamiento de recursos naturales como el agua y los nutrientes. Para su implementación, se requiere un delineado adecuado del terreno. Según la FAO (2018) y SEA Grant PR (2017), la técnica implica lo siguiente:

1. Delineación del terreno:

- ✧ La forma más precisa de delinear las líneas de contorno es utilizando un nivel topográfico o un inclinómetro.
- ✧ En ausencia de estos equipos, herramientas como el caballete o el nivel tipo “A” pueden ser utilizadas con buenos resultados, siendo el caballete más preciso.

2. Trazado de la línea madre:

- ✧ Se comienza trazando una línea guía principal, conocida como “línea madre”, que sirve de referencia para las demás líneas de contorno.
- ✧ Esta línea se ubica en el punto más alto del terreno y se extiende siguiendo las curvas naturales del terreno.

3. Marcación del contorno:

- ✧ Una vez definida la Línea Madre, se colocan estacas de madera o banderines para señalar la ubicación exacta de las hileras.
- ✧ Al trazar estas líneas, se debe considerar la distancia entre cultivos, adaptándola a las necesidades específicas del tipo de siembra.

4. Ajustes para el terreno:

La inclinación de los surcos y la disposición de las hileras se ajustan según las características del terreno, el tipo de cultivo y las condiciones del suelo.



Esta práctica no solo reduce la erosión, sino que también facilita otras prácticas agrícolas, como la irrigación, y mejora el rendimiento al garantizar un mejor manejo del agua y los nutrientes. Además, su implementación es relativamente sencilla y no requiere equipamiento costoso, lo que la hace accesible para diversos tipos de agricultores. A continuación, se presentan las dos técnicas más utilizadas para la siembra al contorno:



1. Nivel de caballete

El nivel de caballete es una herramienta sencilla y económica que puede construirse con materiales fácilmente accesibles, manteniendo su precisión y funcionalidad. Según el **USDA Caribbean Climate Hub (2021)**, los materiales y consideraciones son los siguientes:

Materiales necesarios:

1. **Tubo de PVC:** 1.5 pulgadas de grosor y 10 pies de largo.
2. **Dos codos de PVC:** 1.5 pulgadas.
3. **Nivel de hilo o nivel de construcción.**

Construcción y uso del nivel de caballete:

1. Fijación del nivel:

El nivel de hilo o el nivel de construcción se coloca horizontalmente en la parte superior del caballete (tubo de 5 pies) y se fija con **correas de plástico** o “plastic straps” para asegurar su posición.

2. Ajuste de las patas para determinar la inclinación:

- ✧ Cuando ambas patas del caballete tienen la misma longitud, este trazará curvas con una inclinación de 0 %, es decir, un contorno perfecto.
- ✧ Para obtener diferentes porcentajes de inclinación, se ajusta la longitud de una de las patas:
 - Por ejemplo, si el caballete mide 5 pies de ancho (60 pulgadas) y hay una diferencia de 1 pulgada en la longitud de las patas, el caballete trazará curvas con una inclinación de **1.6 %**:
 - **Cálculo:** $(1/60) \times 100 = 1.6 \%$.

3. Construcción personalizada:

De esta forma, es posible construir caballetes adaptados a diferentes porcentajes de inclinación según las necesidades del terreno y las prácticas agrícolas.

Ventajas:

- Permite trazar curvas precisas y personalizadas para controlar la erosión y manejar el agua.
- Es adaptable a diferentes condiciones del terreno.
- Su construcción es simple y económica, adecuada para pequeños y grandes agricultores.

Esta versatilidad convierte al caballete en una herramienta esencial para la implementación de la siembra al contorno y otras prácticas agrícolas sostenibles.



2. Nivel tipo “A”

El nivel tipo “A” es una herramienta tradicional y económica utilizada para trazar curvas a nivel en terrenos inclinados, facilitando la **siembra transversal a la pendiente** y contribuyendo a la conservación del suelo.

Según **Guzmán (2012)**, este nivel se utiliza para delinear una línea guía central en la parcela y, con su ayuda, trazar las curvas a ambos lados.



Materiales necesarios:

- **Palos de madera rectos:** Dos de 6 pies y 6 pulgadas de largo por 2 pulgadas de ancho o diámetro, y uno de 3 pies y 8 pulgadas de largo por 2 pulgadas de ancho o diámetro.
- **Clavos y martillo.**
- **Cinta métrica.**
- **Cuerda de nylon y marcadores.**
- **Botella o piedra** para usar como plomada.
- **Machete** para ajustar las piezas.

Procedimiento para construir el nivel tipo “A”:

1. Cortar los palos:

- ✧ Corte **dos palos rectos de 6 pies y 6 pulgadas de largo** por 2 pulgadas de ancho o diámetro.
- ✧ Corte un **tercer palo de 3 pies y 8 pulgadas de largo**, que servirá como base horizontal del nivel.

2. Formar la estructura:

- ✧ Coloque las dos varas largas en forma de **“V” invertida**.

- ✧ En la unión de las puntas superiores de las varas, clave un clavo aproximadamente **3.9 pulgadas hacia abajo**, dejando el clavo ligeramente salido para amarrar la plomada.

3. Fijar la base horizontal:

- ✧ Mida la **mitad de cada vara larga** y marque el punto medio.
- ✧ Abra las varas largas hasta que la distancia entre sus extremos sea exactamente **6 pies y 6 pulgadas**.
- ✧ Fije el tercer palo horizontalmente en los puntos medios previamente marcados y clávelo firmemente.

4. Colocar la plomada:

Amarre una cuerda de nylon al clavo ubicado en la unión superior, y añada una **botella o piedra** en el extremo como peso, asegurando que la plomada quede suspendida.

Uso del nivel tipo “A”:

- Coloque el nivel en el terreno y ajuste su posición hasta que la plomada quede centrada, indicando que las varas están niveladas.
- Trace las curvas a nivel utilizando la referencia del nivel tipo “A” para guiar las líneas de siembra.

Ventajas del nivel tipo “A”:

- Es económico y fácil de construir con materiales locales.
- Permite trazar curvas precisas y efectivas para el control de la erosión.
- Es ideal para terrenos inclinados y para agricultores que buscan soluciones accesibles.



El nivel tipo “A” es una herramienta práctica y confiable para implementar la siembra al contorno en terrenos agrícolas, fomentando prácticas sostenibles y conservacionistas.

La siembra al contorno es una técnica eficaz para la **conservación del suelo**, diseñada para mejorar sus condiciones y fomentar un uso adecuado de este recurso. Esta práctica organiza las hileras de cultivos siguiendo las curvas de nivel del terreno, lo que ayuda a controlar la erosión, reducir la escorrentía y aumentar la retención de agua. Sin embargo, debe complementarse con otras prácticas para maximizar sus beneficios y abordar de manera integral el problema de la pérdida de suelo.

Consideraciones para su implementación:

1. Complementar con otras prácticas:

- ✧ Aunque la siembra al contorno es efectiva, **no es suficiente por sí sola** para resolver completamente los problemas de degradación del suelo. Debe combinarse con:
 - Zanjas de ladera.
 - Cultivos de cobertura.
 - Siembra de cero labranzas.
 - Sistemas de drenaje controlado.

2. Mantener líneas guía visibles:

- ✧ Es esencial conservar las líneas guía visibles para garantizar que el **patrón del contorno** se mantenga en futuras siembras.
- ✧ Esto evita desviaciones que podrían reducir la eficacia de la técnica.

3. Uso de desagües protegidos:

- ✧ En áreas con abundante escorrentía, es importante instalar **desagües protegidos** para dirigir

el agua de manera controlada, evitando la formación de cárcavas y minimizando el impacto erosivo.

Beneficios adicionales:

- Mejora la estructura y fertilidad del suelo.
- Promueve un manejo sostenible de los recursos hídricos.
- Contribuye a la conservación de la biodiversidad en terrenos agrícolas.
- Incrementa la resiliencia de los cultivos frente a eventos climáticos extremos.

La **siembra al contorno**, combinada con prácticas complementarias, es una estrategia clave para garantizar la sostenibilidad agrícola y la preservación de los suelos en el largo plazo.

La siembra al contorno y su contribución a los retos de clima extremo

La **siembra al contorno** es una práctica agrícola que desempeña un papel importante en la mitigación de los efectos de clima extremo, principalmente debido a su impacto positivo en la **conservación del suelo**. Según **Sea Grant PR (2017)**, sus beneficios climáticos se resumen en:

1. Aumento en la captura de carbono:

- ✧ La conservación del suelo favorece el incremento del contenido de materia orgánica, lo que a su vez mejora la capacidad del suelo para almacenar carbono. Esto contribuye a reducir la cantidad de dióxido de carbono (CO₂) en la atmósfera, ayudando a mitigar el calentamiento global.

2. Reducción de la erosión y protección de los cuerpos de agua:

- ✧ Al reducir la velocidad y el volumen



de las escorrentías, esta práctica **minimiza la pérdida de sedimentos** que, de otro modo, llegarían a los ríos, lagos y costas.

- ✧ Esto no solo protege los ecosistemas acuáticos, sino que también mejora la calidad del agua al disminuir la contaminación por sedimentos, pesticidas y fertilizantes.

3. Promoción de sistemas agrícolas resilientes:

La siembra al contorno mejora la estructura del suelo, aumenta su capacidad de retención de agua y lo hace más resistente a los impactos de eventos climáticos extremos, como lluvias torrenciales y sequías prolongadas.

4. Contribución al equilibrio ecológico:

Al preservar el suelo y evitar su degradación, esta técnica fomenta la biodiversidad y protege los servicios ecosistémicos fundamentales para enfrentar los desafíos de las condiciones de clima extremo.

La siembra al contorno no solo es una herramienta eficaz para la agricultura sostenible, sino que también tiene un impacto directo en la **mitigación del clima extremo** al proteger los recursos naturales y promover sistemas de producción más resilientes y sostenibles. Implementar y fomentar esta práctica es un paso clave hacia la adaptación climática y la reducción de emisiones de gases de efecto invernadero.



Cultivos de cobertura

Los **cultivos de cobertura** son siembras estratégicas que se integran al manejo agrícola junto con o alternando con el cultivo principal. Su propósito es proporcionar **cobertura temporal al suelo** para promover la conservación de recursos y mejorar las condiciones del terreno. Según **DAIRC (2022)** y **USDA-NRCS (2014)**, los cultivos de cobertura incluyen diferentes tipos de plantas, como:

- **Gramíneas:** Ejemplo: herbáceas, utilizadas por su capacidad para mejorar la estructura del suelo y controlar la erosión.
- **Brassicas:** Ejemplo: hortalizas como el nabo o el rábano, conocidas por romper capas compactas del suelo con sus raíces profundas.
- **Leguminosas:** Ejemplo: frijoles, reconocidas por su capacidad de fijar nitrógeno en el suelo, mejorando su fertilidad.
- **Hoja ancha:** Ejemplo: girasol y algunas brassicas, que ofrecen una cobertura densa y ayudan a suprimir malezas.

Propósito de los cultivos de cobertura:

1. Proveer cobertura al suelo:

- ✧ Reducen la exposición del suelo a los elementos, protegiéndolo de la erosión causada por viento y lluvia.



2. Cumplir con prácticas de conservación:

- ✧ Los cultivos de cobertura forman parte de sistemas sostenibles que contribuyen a:
 - La mejora de la estructura y fertilidad del suelo.
 - La reducción de la escorrentía y la pérdida de nutrientes.
 - La supresión de malezas.

3. Efecto temporal:

- ✧ Estos cultivos suelen sembrarse por una temporada específica y se rotan con los cultivos principales para optimizar los beneficios del manejo agrícola.

La integración de cultivos de cobertura no solo favorece la sostenibilidad de la producción agrícola, sino que también contribuye a un manejo eficiente de los recursos naturales y al cumplimiento de prácticas conservacionistas en la finca.

La siembra de **enredaderas, herbáceas, gramíneas o leguminosas** en suelos con escasa vegetación o severamente erosionados constituye una práctica esencial para la conservación del suelo y el manejo de los recursos naturales. Según **Sea Grant PR (2017)**, los cultivos de cobertura tienen como principal propósito **estabilizar el suelo** y mitigar los daños ocasionados por la escorrentía cargada de sedimentos o contaminantes.

Beneficios adicionales:

- Estabilizan **áreas costeras**, como dunas de arena, contribuyendo a la protección de los ecosistemas litorales.
- Mejoran el **hábitat de la vida silvestre**, proporcionando refugio y alimento para diversas especies.

- Incrementan la **belleza paisajística**, lo que favorece actividades recreativas y el turismo.

Historia de los cultivos de cobertura:

Los **cultivos de cobertura** tienen una larga tradición en la agricultura. Según **Magdoff (2021)**:

1. Usos antiguos:

- ✧ Los manuscritos chinos mencionan el uso de **abonos verdes** como un tipo de cultivo de cobertura desde hace más de **3.000 años**.
- ✧ En la **antigua Grecia y Roma**, eran comúnmente empleados para mejorar la calidad del suelo y aumentar el rendimiento de los cultivos posteriores.

2. Renovado interés actual:

- ✧ En la actualidad, los cultivos de cobertura se han convertido en una **parte fundamental** de los sistemas agrícolas sostenibles.
- ✧ Muchos agricultores están adoptando esta práctica debido a su capacidad para:
 - Mejorar la **fertilidad del suelo**.
 - Reducir la dependencia de insumos químicos.
 - Mitigar los efectos de clima extremo.

Los cultivos de cobertura no solo tienen un legado histórico importante, sino que también representan una herramienta moderna y eficaz para la **sostenibilidad agrícola**. Su capacidad para conservar el suelo, proteger los ecosistemas y mejorar la productividad los posiciona como un componente esencial de los sistemas de cultivo actuales.



¿Cuáles son los beneficios ambientales del cultivo de cobertura?

Los cultivos de cobertura aportan numerosos beneficios ambientales al mejorar las condiciones del suelo y los ecosistemas agrícolas. Según **USDA-NRCS (2014)**, **Hartwig (2002)** y **Rodríguez et al. (2023)**, estos beneficios incluyen:

Reducción de la erosión:

- Protegen el suelo de la erosión causada por **viento y agua**, preservando su estructura y fertilidad.

Mejora de la salud del suelo:

- Incrementan el contenido de materia orgánica en el suelo, favoreciendo su calidad y capacidad productiva.
- Ayudan a conservar el **nitrógeno** para los cultivos siguientes, reduciendo la necesidad de fertilizantes químicos.

Control de malezas y plagas:

- Suprimen la **presión de malezas**, lo que facilita el manejo de cultivos sin recurrir a herbicidas excesivos.
- Interrumpen los ciclos de plagas al modificar el entorno donde estas se desarrollan.

Biodiversidad:

- Promueven la presencia de microorganismos, insectos y plantas beneficiosas, lo que genera un entorno más equilibrado y resistente.
- Niveles más altos de biodiversidad están asociados con menores tasas de enfermedades y una mayor funcionalidad biológica del suelo.

Gestión del agua:

- Mejoran la **eficiencia hídrica**, favoreciendo la infiltración de agua y reduciendo la escorrentía.

- Protegen el suelo durante lluvias intensas y disminuyen la **evaporación**, optimizando el uso del agua.

Efecto en el carbono:

- Aumenta el contenido de **carbono en el suelo**, contribuyendo a la captura de carbono atmosférico y a mitigar los efectos de clima extremo.

Reducción de insumos agrícolas:

- Disminuyen los costos asociados al uso de **fertilizantes y plaguicidas**, gracias a la mejora en la calidad del suelo y la supresión natural de plagas y malezas.

Los cultivos de cobertura no solo benefician al suelo y a los sistemas de cultivo, sino que también promueven la **sostenibilidad ambiental** al reducir el efecto negativo de la agricultura intensiva. Estas prácticas conservacionistas mejoran la biodiversidad, preservan recursos hídricos y contribuyen a la mitigación del clima extremo, lo que las convierte en una herramienta esencial para una agricultura más resiliente y sostenible.





Plantas recomendadas para los cultivos de cobertura

Los cultivos de cobertura son especies herbáceas seleccionadas por su capacidad para proporcionar **beneficios agroecológicos** al sistema agrícola. Según **Hartwig (2002)**, estas plantas, especialmente leguminosas y gramíneas, son utilizadas por sus propiedades únicas que mejoran la salud y fertilidad del suelo.

Leguminosas:

Las leguminosas son particularmente recomendadas como cultivos de cobertura debido a su capacidad de:

- **Fijar nitrógeno atmosférico**, enriqueciéndolo en el suelo.
- Absorber nutrientes en concentraciones bajas en el perfil y transportarlos a la capa superficial.
- Proporcionar nutrientes esenciales a los cultivos siguientes.

Ejemplos de leguminosas comunes:

- **Frijol canavalia (Canavalia ensiformis):** Produce biomasa útil para la conservación de agua y nutrientes.
- **Frijol terciopelo (Mucuna pruriens y Mucuna deeringiana):** Ideal para suelos erosionados, mejora la fertilidad y controla malezas.
- **Crotalaria (Crotalaria juncea):** Excelente para incrementar la materia orgánica y romper ciclos de plagas.

Gramíneas:

Las gramíneas son valoradas por su rápida producción de **biomasa** y su capacidad para:

- Incrementar el contenido de **materia orgánica** en el suelo.
- Mejorar la estructura del suelo y su estabilidad.
- Reducir la erosión al cubrir rápidamente el terreno.

Estas consideraciones deben tenerse en cuenta para la implementación de la prácticas:

1. Manejo del residuo:

- ✧ Estas plantas pueden ser **cortadas y dejadas como cubierta (mulch)** en el suelo para conservar agua.
- ✧ También pueden incorporarse como **composta verde**, aumentando los nutrientes disponibles para los cultivos siguientes.

2. Efecto en el suelo:

- ✧ Según **Rodríguez et al. (2023)**, el uso de estas plantas puede:
 - Aumentar la **estabilidad de los agregados del suelo**.
 - Disminuir la resistencia a la **infiltración del agua**, mejorando la eficiencia hídrica.

Entre las plantas más recomendadas para cultivos de cobertura se encuentran **Canavalia ensiformis**, **Mucuna pruriens**, y **Crotalaria juncea**. Estas plantas no solo aportan nutrientes esenciales y mejoran la estructura del suelo, sino que también contribuyen a la sostenibilidad del agroecosistema al reducir la erosión y aumentar la retención de agua y materia orgánica.



Nombres de plantas utilizadas como coberturas en fincas agrícolas.

Plantas fijadoras de nitrógeno

Estas plantas tienen la capacidad de enriquecer el suelo con nitrógeno, mejorando su fertilidad y contribuyendo al manejo sostenible del agroecosistema.

Tabla 4

Plantas fijadoras de nitrógeno

Nombre común	Nombre científico
Canavalia ("Frijol / Frijol Espada")	<i>Canavalia ensiformis</i>
Crotalaria ("Cáñamo Solar")	<i>Crotalaria juncea</i>
Mucuna ("Frijol Terciopelo")	<i>Mucuna pruriens</i>
Caupí ("Frijol Caupí")	<i>Vigna unguiculata</i>
Lablab ("Frijol Jacinto")	<i>Lablab purpureus</i>

Plantas no fijadoras de nitrógeno

Estas plantas, aunque no fijan nitrógeno, aportan grandes beneficios al suelo, como la producción de biomasa, mejora de la estructura del suelo y control de erosión.

Tabla 5

Plantas no fijadoras de nitrógeno

Nombre común	Nombre científico
Girasol ("Sunflower")	<i>Helianthus annuus</i>
Rábano ("Radish")	<i>Raphanus sativus var. longipinnatus</i>
Hoja de mostaza ("Leaf Mustard")	<i>Brassica juncea</i>
Sorgo ("Sorghum-Sudangrass")	<i>Sorghum bicolor x S. bicolor var. sudanese</i>
Millo perla ("Pearl Millet")	<i>Pennisetum glaucum</i>
Sésamo ("Sesame")	<i>Sesamum orientale</i>

Estas especies pueden ser seleccionadas

según las necesidades específicas del cultivo principal y las condiciones del terreno, proporcionando beneficios como la fijación de nitrógeno, producción de biomasa, supresión de malezas y mejora de la estructura del suelo. (Rodríguez et al., 2023)

¿En qué terrenos aplica la práctica de cultivos de cobertura?

Según la **USDA-NRCS (2014)**, la práctica de cultivos de cobertura puede aplicarse en **todas las tierras agrícolas que necesitan cobertura vegetal estacional** para proteger o mejorar los recursos naturales. Algunos ejemplos de terrenos ideales para esta práctica incluyen:

Terrenos agrícolas:

Cultivos anuales o perennes que necesiten mejorar la **salud del suelo**, controlar la erosión o reducir la escorrentía.

Suelos erosionados o en riesgo de erosión:

Áreas vulnerables a la erosión por viento o agua que requieren estabilización mediante cobertura vegetal.

Terrenos con bajos niveles de materia orgánica:

Suelos degradados donde la incorporación de cultivos de cobertura puede **aumentar el contenido de materia orgánica** y mejorar la fertilidad.

Zonas propensas a la escorrentía:

Terrenos inclinados o con pendientes donde se necesita **reducir el transporte de sedimentos y nutrientes** hacia cuerpos de agua.

Campos en barbecho:

Tierras que permanecen sin cultivo durante temporadas específicas, donde los cultivos de cobertura pueden evitar la **compactación** y mantener el suelo productivo.



Áreas de rotación de cultivos:

Terrenos agrícolas donde los cultivos de cobertura se integran como parte de un sistema de rotación para interrumpir ciclos de plagas y mejorar la biodiversidad.

Zonas de manejo intensivo:

Regiones con cultivos que demandan alto uso de insumos, donde los cultivos de cobertura pueden ayudar a reducir la **dependencia de fertilizantes y plaguicidas**.

La práctica de cultivos de cobertura es versátil y puede ser implementada en diversos tipos de terrenos agrícolas que necesiten **protección estacional o mejoras en los recursos naturales**, contribuyendo a un manejo más sostenible y productivo del suelo.

Cultivos de cobertura y su contribución a los retos de clima extremo

Los **cultivos de cobertura** son una herramienta clave en la mitigación de los efectos de clima extremo, ya que ofrecen beneficios significativos para la gestión del suelo y el agua, especialmente en escenarios de **precipitaciones extremas y sequías**. Según **Martínez-Rodríguez et al. (2017)**, sus contribuciones incluyen:

En escenarios de precipitaciones extremas:

1. Control de la erosión:

- ✧ Los cultivos de cobertura protegen el suelo al disminuir el impacto directo de las gotas de lluvia.
- ✧ Los residuos vegetales evitan el **arrastre del suelo** por el flujo de escorrentía.

2. Mejora de la infiltración:

- ✧ La materia orgánica aportada por los cultivos de cobertura mejora la **estructura del suelo**, facilitando la infiltración del agua y reduciendo el riesgo de inundaciones.

3. Conservación de suelos en zonas de ladera:

- ✧ Son especialmente beneficiosos en **terrenos inclinados**, donde ayudan a evitar la pérdida de suelo y favorecen prácticas agrícolas sostenibles para los productores marginales.

En escenarios de sequía:

1. Conservación de la humedad:

Los residuos de los cultivos de cobertura reducen la evaporación del agua del suelo, ayudando a conservar la humedad y garantizando la supervivencia de los cultivos principales.

2. Reducción de insumos agrícolas:

- ✧ Las **leguminosas de cobertura** fijan nitrógeno en el suelo, actuando como un fertilizante natural.
- ✧ Este nitrógeno es producido directamente en el terreno, eliminando los costos de transporte y reduciendo la necesidad de fertilizantes sintéticos.

Efectos generales:

- **Mitigación de las condiciones de clima extremo:**
 - ✧ Los cultivos de cobertura contribuyen a la captura de carbono en el suelo, ayudando a reducir las emisiones de gases de efecto invernadero.
 - ✧ Promueven la **resiliencia climática** de los sistemas agrícolas al proteger los recursos naturales.
- **Sostenibilidad y eficiencia:**
 - ✧ Estos cultivos aprovechan los **procesos naturales** y maximizan el uso de los recursos disponibles,



haciendo que las fincas sean más sostenibles y menos dependientes de insumos externos.

Los cultivos de cobertura no solo mejoran la conservación del suelo y del agua, sino que también **ayudan a mitigar los efectos de clima extremo** al reducir la erosión, conservar la humedad, y disminuir la dependencia de fertilizantes químicos. Su implementación es fundamental para garantizar la **sostenibilidad agrícola** en el contexto de un clima cambiante.

Participación de las comunidades



La **participación de las comunidades** es un eje central en las buenas prácticas de la agricultura sostenible, especialmente bajo el marco de la **soberanía alimentaria**, un concepto promovido por la alianza **La Vía Campesina** como alternativa a las propuestas tradicionales de **seguridad alimentaria** lideradas por la FAO. Este enfoque se originó en la década de los noventa, como respuesta a las crisis alimentarias que afectaban a más de 800 millones de personas en todo el mundo (Domínguez, 2015).

En noviembre de 1996, durante la **Cumbre Mundial sobre Seguridad Alimentaria** organizada por la FAO en Roma, **La Vía Campesina** presentó el documento “*Soberanía Alimentaria: un Futuro sin Hambre*”. Este texto redefinió la forma en que se aborda el hambre y la crisis alimentaria, ampliando el concepto de

seguridad alimentaria para incluir elementos de autonomía, sostenibilidad, y participación comunitaria (Domínguez, 2015).

Premisas claves de la Soberanía Alimentaria (FAO y Domínguez, 2015):

1. La alimentación como derecho humano básico:

Garantizar el acceso universal a alimentos sanos, nutritivos y culturalmente adecuados.

2. Producción local y sostenible:

Priorizar métodos de cultivo sostenibles que respeten los recursos naturales y las tradiciones culturales.

3. Definición de políticas propias:

Empoderar a los pueblos y estados para diseñar sus propias políticas agrícolas y alimentarias.

4. Protección a productores locales:

Proteger a los agricultores locales de importaciones baratas y garantizar su bienestar económico.

5. Garantía del bienestar rural:

Asegurar la permanencia de las comunidades rurales mediante políticas que fomenten una agricultura con agricultores.

6. Derechos a recursos naturales:

Reconocer el derecho de las comunidades rurales e indígenas, especialmente las mujeres, al control sobre la tierra, las semillas, el agua y los mercados (Álvarez, 2011).

La soberanía alimentaria fomenta:

- **El fortalecimiento de la seguridad alimentaria:** Promoviendo la autonomía de las comunidades en la producción y consumo de alimentos.



- **La biodiversidad y los recursos naturales:** Protegiendo el medio ambiente y promoviendo la sostenibilidad de los ecosistemas agrícolas.
- **La agricultura local y sostenible:** Favoreciendo sistemas de producción que respeten la cultura y las tradiciones de las comunidades.

La **soberanía alimentaria** no solo representa un enfoque hacia la seguridad alimentaria, sino también un movimiento que busca otorgar a las comunidades **control sobre el sistema alimentario** en todas sus etapas, desde la producción hasta el consumo. Al integrar principios de sostenibilidad, justicia social y autonomía, esta visión permite un desarrollo más equitativo y resiliente, particularmente para las comunidades rurales e indígenas.

Huertos: modelo de participación de las comunidades en Puerto Rico

En Puerto Rico, al igual que en muchas otras regiones del mundo, el aumento en los costos de alimentos, energía y otros insumos ha reducido los ingresos disponibles para adquirir productos básicos. Este contexto ha llevado a muchas comunidades a reflexionar sobre la **seguridad alimentaria** y buscar alternativas para garantizar un acceso sostenible a los alimentos. La dependencia de la Isla a los alimentos importados, sumada a las crisis globales, resalta la importancia de implementar estrategias que mejoren la seguridad alimentaria, considerando que produce menos del **20 %** de los alimentos que se consumen (Comas, 2013).



Según **Rodríguez (2020)**, la participación de las comunidades es **fundamental** para lograr tanto la **seguridad** como la **soberanía alimentaria**. Una **comunidad** se define como un grupo de personas que comparten elementos comunes, como:

- Condición o estatus social.
- Costumbres, tradiciones y visión del mundo.
- Ubicación geográfica o instituciones.

Este sentido de pertenencia e identidad común se fortalece al enfrentar desafíos similares, permitiendo que las comunidades se organicen y colaboren para propiciar su **desarrollo económico y social**. En el caso de los agricultores, este modelo organizativo no depende únicamente de la proximidad geográfica, sino de la necesidad de trabajar en conjunto para superar los retos compartidos (Rodríguez, 2020).

La participación de las comunidades en la agricultura sostenible

En Puerto Rico, la participación de las comunidades en la agricultura sostenible se refleja especialmente en el **establecimiento de huertos**. Estos huertos, que pueden desarrollarse en diferentes contextos, fomentan la producción local de alimentos y contribuyen a la seguridad alimentaria:

1. Tipos de huertos en Puerto Rico:

- ✧ **Huertos agrícolas en fincas:** Desarrollados por agricultores locales para diversificar su producción y aumentar la resiliencia alimentaria.
- ✧ **Huertos caseros:** Promovidos en espacios domésticos, fomentando la autonomía alimentaria a nivel familiar.
- ✧ **Huertos escolares:** Introducidos en programas educativos para enseñar



prácticas agrícolas sostenibles y fomentar una conciencia alimentaria desde temprana edad.

- ✧ **Huertos comunitarios:**
Establecidos en espacios compartidos por comunidades urbanas o rurales para suplir necesidades alimentarias y fortalecer el tejido social.

2. Beneficios de los huertos:

- ✧ Según la **FAO**, los huertos urbanos y rurales pueden garantizar:
 - **Alimentos inocuos y nutritivos.**
 - **Medios de subsistencia sostenibles.**
 - **Comunidades más saludables.**

Los huertos fomentan la **producción local**, reduciendo la dependencia de alimentos importados y creando oportunidades económicas. El establecimiento de huertos en Puerto Rico representa un modelo efectivo de **participación comunitaria** en la agricultura sostenible. Estas iniciativas no solo fortalecen la seguridad alimentaria, sino que también promueven la **autonomía local**, el empoderamiento social y el desarrollo económico de las comunidades. En un contexto de crisis global, los huertos son una herramienta clave para garantizar un futuro alimentario sostenible y resiliente en la Isla.

Comunicaciones de emergencia en Puerto Rico: Herramientas para la agricultura y la comunidad



Puerto Rico enfrenta múltiples **emergencias naturales y antropogénicas** que impactan la vida humana, la biodiversidad, la propiedad y la seguridad alimentaria. Estas emergencias incluyen huracanes, inundaciones, terremotos, incendios forestales, y desastres causados por el hombre, como conflictos civiles. En momentos críticos, contar con sistemas de comunicación efectivos es esencial para **salvar vidas**, coordinar esfuerzos y proteger los medios de subsistencia, especialmente en comunidades agrícolas que dependen de la producción de alimentos.

Efecto de las Emergencias en la Comunicación

Los sistemas de telecomunicaciones suelen ser los más afectados durante las emergencias. Por ejemplo: En 2017, el **huracán María** devastó la red de comunicaciones en Puerto Rico, interrumpiendo el acceso a Internet y telefonía. Para mitigar estos problemas, se recurrió a conexiones satelitales para facilitar la comunicación y permitir que las comunidades afectadas se conectaran con sus seres queridos (**Cruz Roja Española, 2024**).

Radios GMRS: Una solución para las fincas y las comunidades rurales

La implementación de sistemas de comunicación **análogos**, como el **General Mobile Radio Service (GMRS)**, es crucial en áreas rurales y montañosas de Puerto Rico, donde la cobertura celular e Internet es

limitada. Según **Rodríguez (2019)**, el GMRS ofrece varios beneficios:

Beneficios del uso de radios GMRS en fincas agrícolas:

1. Comunicación:

Proporciona comunicación inalámbrica bidireccional a corta distancia mediante radios portátiles, móviles y repetidoras.

2. Seguridad:

En emergencias, los radios GMRS permiten una comunicación inmediata y confiable, esencial en zonas sin cobertura telefónica o con interrupciones en el servicio eléctrico.

3. Energía:

Funcionan con baterías recargables o fuentes caseras de energía, como baterías de automóviles o plantas eléctricas.

4. Coordinación:

Facilitan la coordinación eficiente de actividades en la finca entre trabajadores, jardineros, cuidadores de animales, y otros miembros del equipo.

La **Comisión Federal de Comunicaciones (FCC)** regula las comunicaciones interestatales e internacionales y administra el GMRS. Este servicio requiere una licencia, pero no un examen para obtenerla.

Entre los **recursos locales**: Comunidades de radioaficionados, como www.kp4.org o www.arrl.org, ofrecen información adicional y Puerto Rico Community Communications, Inc, www.pr.c2.org.

El **Servicio de Extensión Agrícola (SEA)**, **Recinto Universitario de Mayagüez (UPRM)** también brinda asesoría sobre planes comunitarios de comunicación de emergencia (**Curbelo, 2021**).



Importancia de los sistemas de comunicación en Puerto Rico

Con más del 60 % de su territorio compuesto por terrenos montañosos (**Geografía de Puerto Rico, 2015**), la isla necesita herramientas de comunicación resilientes. La radiocomunicación, especialmente el GMRS, es una solución viable que complementa otros sistemas y asegura la **continuidad operativa** en momentos críticos.

En un entorno como Puerto Rico, donde las emergencias son frecuentes y los sistemas convencionales de comunicación son vulnerables, el uso de radios GMRS y otras soluciones análogas representa un recurso invaluable. Estas herramientas fortalecen la **resiliencia comunitaria**, protegen los medios de subsistencia agrícolas y garantizan una respuesta coordinada en situaciones de crisis.



Conclusión

Abordar desafíos como las **condiciones de clima extremo**, la **seguridad alimentaria**, la **biodiversidad**, la **salud pública**, y el **desarrollo comunitario y económico** requiere de un esfuerzo colectivo para implementar prácticas de **agricultura sostenible**. Estas prácticas permiten cerrar la brecha entre estos temas interconectados y garantizar un manejo eficiente y sustentable de recursos como el agua, el suelo y los elementos biológicos del entorno. Así, es posible mantener la productividad de alimentos a largo plazo, satisfacer la demanda alimentaria, promover la salud y el bienestar de las generaciones actuales y futuras.

El futuro agrícola sostenible depende de la **adopción de prácticas validadas y efectivas**, como:

- Manejo eficiente de recursos naturales.
- Uso de tecnologías y estrategias que prioricen la sostenibilidad.
- Participación de agricultores, profesionales agrícolas, consumidores y formuladores de política pública.

A medida que estos actores integren los **principios de sostenibilidad** en sus actividades, será posible avanzar hacia un mundo más saludable y resiliente. Esta transformación no es opcional, sino una **necesidad imperante** para garantizar la estabilidad de los sistemas agrícolas, la protección del medio ambiente y el bienestar social.

La transición hacia la agricultura sostenible comienza con el acceso a **información actualizada** y la capacitación adecuada. Estas herramientas permiten a los agricultores:

- Reducir las dificultades asociadas al cambio de métodos convencionales a prácticas sostenibles.
- Adoptar tecnologías y estrategias más eficaces para la conservación de recursos y la producción agrícola.

La agricultura sostenible representa el mejor camino para enfrentar los retos actuales y garantizar un equilibrio entre **producción agrícola, cuidado ambiental y bienestar social**. Solo a través de un compromiso conjunto y la adopción de estas prácticas podremos asegurar un futuro más resiliente y saludable para todos. Para más información puede visitar cualquier oficina del Servicio de Extensión Agrícola, USDA-NRCS y SARE.

Referencias bibliográficas

- Álvarez, N., and Félix, G. (2020). Hurricane María, Agroecology and Climate Change Resiliency. Chapter 9: Climate Justice and Community Renewal: Resistance and Grassroots Solutions. Earthscan/Routledge. https://pure.coventry.ac.uk/ws/portalfiles/portal/52792343/Binder10_1_.pdf
- Álvarez, N. (2011). La Soberanía Alimentaria en Puerto Rico: Historia y Desafíos. <https://ecoser-desarrollointegral.blogspot.com/2011/09/la-soberania-alimentaria-en-puerto-rico.html>
- Cáceres, D. (2002). Agricultura Orgánica Versus Agricultura Industrial. Su Relación con la Diversificación Productiva y la Seguridad Alimentaria. <https://www.fao.org/family-farming/detail/en/c/341801/>
- Centro Climático del Caribe (USDA Caribbean Climate Hub), Proyecto Adapta., Proyecto Agroecológico el Josco Bravo., y la Oficina del Bosque Modelo de Puerto Rico. (2021) Manejo y Conservación de Suelos Agrícolas. https://caribbeanclimatehub.org/wp-content/uploads/2021/03/Manejo_y_conservacion-de-suelos_agricolas.pdf
- Cinco Vientos. (2023, Noviembre). La agricultura sostenible: cultivando un futuro responsable. <https://www.cincovientos.com/la-agricultura-sostenible-cultivando-un-futuro-responsable/>
- Comas, M. (2013). Seguridad Alimentaria Familiar: Huertos casero Lección 1. MEI. UPRM. <https://www.uprm.edu/agriculturaurbana/wp-content/uploads/sites/224/2019/11/Huertos-Caseros-Leccio%CC%81n-1-2-3-y-comenzando-la-4.pdf>
- Comunicaciones por Radio. (2022). <https://log.logcluster.org/es/comunicaciones-por-radio>
- Conant, J., and Fadem, P., (2011). Guía comunitaria para la Salud Ambiental. Hesperian, Berkeley, California, EE. UU. https://hesperian.org/wp-content/uploads/pdf/es_cgeh_2011/es_cgeh_2011_frente.pdf
- Cruz Roja Española. (2024, Abril). ERU de Telecomunicaciones: La importancia de la conectividad. <https://www2.cruzroja.es/web/ahora/eru-telecom>
- Curbelo, J. (2021). Plan para la preparación y manejo de emergencias en finca agropecuarias del Caribe y Región Sur de Estados Unidos. UPRM, CCA, SEA y NRCS-USDA.
- Departamento de Agricultura de los Estados Unidos, USDA., Servicio de Conservación de los Recursos Naturales. (s.f.). Libere los Secretos del Suelo:



Principios para suelos de alto rendimiento. <https://www.nrcs.usda.gov/sites/default/files/2022-12/NRCS-Principles-for-High-Functioning-Soils-Factsheet-2021-Spanish.pdf>

Departamento de Agricultura de los Estados Unidos, USDA., Servicio de Conservación de los Recursos Naturales. NRCS (s.f.). Libere el Potencial de su Establecimiento Agrícola: Excave un poco, aprenda mucho. <https://nrcspad.sc.egov.usda.gov/DistributionCenter/pdf.aspx?productID=973>

Desarrollo Agropecuario Integral Camino Real (DAIRC)., y Centro Internacional de Mejoramiento de Maíz y Trigo (CIMMYT). (2022). Qué son los abonos verdes y los cultivos de cobertura. <https://www.cimmyt.org/es/noticias/que-son-los-abonos-verdes-y-los-cultivos-de-cobertura/>

Díaz, M., (s.f.). Manual Práctico para el Cultivo Sustentable del Plátano. Universidad de Puerto Rico Recinto Universitario de Mayagüez, Colegio de Ciencias Agrícolas, Servicio de Extensión Agrícola. <https://www.uprm.edu/sea/mdocs-posts/manual-practico-para-el-cultivo-de-platanos/>

Domínguez, D., (2015). La Soberanía Alimentaria como enfoque crítico y orientación alternativa del sistema agroalimentario global (Food sovereignty as a critical and alternative approach of the global agri-food system). Universidad de Buenos Aires. <https://publicaciones.americana.edu.co/index.php/pensamientoamericano/article/view/85/103>

Fageria, N., Baligar, V., and Bailey, B. (2005). 'Role of Cover Crops in Improving Soil and Row Crop Productivity', Communications in Soil Science and Plant Analysis. Role-of-Cover-Crops-in-Improving-Soil-and-Row-Crop-Productivity.pdf

García, G., Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura, FAO. (2011). Colección "Buenas prácticas" Barreras Vivas. <https://openknowledge.fao.org/items/506a0636-871a-40a4-a9e7-a1337ae4d490>

Geografía de Puerto Rico. (2015, Diciembre). https://gis.pr.gov/Pages/Geografia_PR.aspx

González, C. (2006). Protegiendo el Agua en la Finca. Servicio de Extensión Agrícola, Universidad de Puerto Rico, Recinto Universitario de Mayagüez. <https://docplayer.es/13935435-Protegiendo-el-agua-en-la-finca.html>

González, C., y Lozada, W. (2008). Manual para instructores: Manejo y control de las aguas de escorrentía para mantener la calidad del agua. Servicio de Extensión Agrícola, Universidad de Puerto Rico, Recinto Universitario de Mayagüez. <http://agricultura.uprm.edu/escorrentia/Material%20educativo/Manejo%20agua%20de%20escorrentia%20-%20Manual%20para%20instructores.pdf>

Guzmán, G., (2012). Conservación de suelos: Cómo trazar curvas a nivel. Ministerio de Agricultura y Ganadería de Costa Rica. Imprenta Nacional.

<https://www.mag.go.cr/bibliotecavirtual/AV-1226.pdf>

- Hartwig, N., and Ammon, H. (2002). Cover crops and living mulches. *Weed Science*, 50:688–699. <http://www.nurserycropscience.info/cultural-practices/cover-crops/technical-pubs/hartwig-ammon-2002-cover-crops-and-living-mulches.pdf>
- Irizarry, M., Huerto Familiar (s.f.). Universidad de Puerto Rico, Recinto Universitario de Mayagüez, Colegio de Ciencias Agrícolas, Servicio de Extensión Agrícola. <https://www.uprm.edu/sea/mdocs-posts/huerto-familiar/>
- Kolmans, E., y Vásquez, D., Manual de Agricultura Ecológica, Una introducción a los principios básicos y su aplicación. (1999). Agricultura Orgánica de la Asociación Cubana de Técnicos Agrícolas y Forestales (ACTAF). https://admin.dipujaen.es/galerias/galeriaDescargas/municipios/Orcera/ANEXO_13_PRINCIPIOS_BxSICOS.pdf
- Magdoff, F., and Van Es, Harold. (2021). Building Soils for Better Crops Ecological Management for Healthy Soils. SARE - USDA. <https://www.sare.org/wp-content/uploads/Building-Soils-for-Better-Crops.pdf>
- Martínez, S. (2007). Conjunto Tecnológico para la Producción de Tomate: Suelo y Preparación del Terreno. Departamento de Horticultura, Estación Experimental Agrícola, Colegio de Ciencias Agrícolas, Recinto Universitario de Mayagüez, Universidad de Puerto Rico. <https://www.upr.edu/eea/wp-content/uploads/sites/17/2016/03/TOMATE-Suelo-y-Preparaci%C3%B3n-del-Terreno-v2007.pdf>
- Martínez, S., (2015). Conjunto Tecnológico para la Producción de Sandía, Suelo y Preparación del Terreno. Estación Experimental Agrícola, Colegio de Ciencias Agrícolas, Recinto Universitario de Mayagüez, Universidad de Puerto Rico. <https://www.upr.edu/eea/wp-content/uploads/sites/17/2016/09/4.SANDIA-SUELO-Y-PREPARACION-DEL-TERRENO-version2015.internet.pdf>
- Martínez-Rodríguez, R., Viguera, B., Donatti, C., Harvey, C., Alpízar, F. (2017). Módulo 4 Cómo enfrentar el cambio climático desde la agricultura: Prácticas de Adaptación basadas en Ecosistemas (AbE). https://www.conservation.org/docs/default-source/publication-pdfs/cascade_modulo-4-como-enfrentar-el-cambio-climatico-desde-la-agricultura.pdf
- Mohler, Ch., and Johnson, S.E. (eds.). (2009). Crop Rotations on Organic Farms: A Planning Manual. Sustainable Agriculture Research and Education (SARE), Plant and Life Sciences Publishing (PALS). www.sare.org/Learning-Center/Books/Crop-Rotation-on-Organic-Farms
- Muñoz, M., Lugo, W., Santiago, C., Matos, M., Ríos, S., and Lugo, J. (2017). Taxonomic Classification of the Soils of Puerto Rico. University of Puerto Rico Mayagüez Campus, College of Agricultural Sciences Agricultural, Experiment Station San Juan, Puerto Rico, USDA, NRCS, EEA, NCSS.



https://www.uprm.edu/tamuk/wp-content/uploads/sites/299/2019/06/Taxonomic_classification_soils_PR_2018_reduced.pdf

- National Academy of Sciences. Washington D.C. (2010). Toward Sustainable Agricultural Systems in the 21st Century. <https://nap.nationalacademies.org/catalog/12832/toward-sustainable-agricultural-systems-in-the-21st-century>
- Natural Resources Conservation Service, NRCS (2009). Runoff Management: Small Scale Solutions for your farm. <https://www.nrcs.usda.gov/sites/default/files/2022-09/stelprdb1167366-runoff-management.pdf>
- ONU-AGUA (2019). Informe de políticas de la ONU-AGUA sobre el Cambio Climático y el Agua. https://www.unwater.org/sites/default/files/app/uploads/2019/12/UN-Water_PolicyBrief_Water_Climate-Change_ES.pdf
- Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura, FAO. (2011). “Seguridad Alimentaria y Nutricional.” Conceptos Básicos. Programa Especial para la Seguridad Alimentaria - PESA – Centroamérica, Proyecto Food Facility Honduras. <http://www.fao.org/3/a-at772s.pdf>
- Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura, FAO (2024). Alimentación y agricultura sostenibles. <https://www.fao.org/sustainability/es/>
- Organización de las Naciones Unidas, ONU. Programa para el medio ambiente. (2020, Julio). 10 cosas que debes saber sobre la agricultura industrial. <https://www.unep.org/es/noticias-y-reportajes/reportajes/10-cosas-que-debes-saber-sobre-la-agricultura-industrial>
- Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura, FAO. (2018) Agricultura Sostenible y Biodiversidad un Vínculo Indisociable. FAO. <https://www.fao.org/documents/card/es?details=969d1e2a-9ca1-4fe4-a3c9-095bd06c885c>
- Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura, Oficina Regional de la FAO para América Latina y el Caribe (2013). Captación y almacenamiento de agua de lluvia: Opciones técnicas para la agricultura familiar en América Latina y el Caribe. FAO. <https://www.fao.org/3/i3247s/i3247s.pdf>
- Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura, FAO (2017). Water for Sustainable Food and Agriculture, A report produced for the G20 Presidency of Germany. <https://www.fao.org/3/i7959e/i7959e.pdf>
- Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura, FAO., y el Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. (2018). Guía de Buenas Prácticas para la Gestión y Uso Sostenible de los Suelos en Áreas Rurales. Construcción participativa del diagnóstico de suelos. Diseño de planes de intervención. Prácticas de manejo sostenible de los suelos. FAO. <https://www.fao.org/3/i8864es/i8864ES.pdf>

- Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura, FAO. (2003). Agricultura orgánica y cambios climáticos. FAO. <https://www.fao.org/3/y4137s/y4137s07.htm>
- Padín, C., Juncos, M., Hernández, J., Rivera, J., Lara, J. (2009). Sustentabilidad para el uso del suelo en Puerto Rico. Centro de Estudios para el Desarrollo Sustentable, CEDES., Escuela de Asuntos Ambientales, EAA., Universidad Metropolitana, UMET., US EPA. https://documento.uagm.edu/cupey/cedes/cedes_info_sustentabilidad_uso_suelo_espanol.pdf
- Rodríguez, A., Macchiavelli, S., Sierra, L., Rodríguez, L., Hernández, E., e Irizarry, E. (2023). Manual: Uso eficiente del agua de riego en fincas de hortalizas y otros cultivos, Empresa de Hortalizas y Granos Básicos. Universidad de Puerto Rico, Recinto Universitario de Mayagüez, Colegio de Ciencias Agrícolas, Servicio de Extensión Agrícola. MEI. <https://www.uprm.edu/sea/manual-uso-eficiente-del-agua-de-riego-en-fincas-de-hortalizas-y-otros-cultivos-1-pdf/>
- Rodríguez, R., (2020). Guía de Comunidades Agrícolas. MEI. <https://www.uprm.edu/agriculturaurbana/wp-content/uploads/sites/224/2020/11/Guia%CC%80a-para-la-organizacioi%CC%80n-de-comundades-Agricolas-FINAL.pdf>
- Rodríguez, C. (2019). GMRS Puerto Rico, Manteniendo las Familias Comunicadas. <https://crodriguez818.wixsite.com/website>
- SEA Grant Puerto Rico., U.S. Department of Agriculture, USDA., U.S. Department of Agriculture Forest Service. (2017). Agroforestía Hojas de Datos. <https://issuu.com/seagrantpr/docs/agroforesteria-hojas-de-datos/10>
- Servicio de Extensión Agrícola, SEA, UPRM. <https://www.uprm.edu/sea/historia-filosofia/>
- Snapp, S., Swinton, S., Labarta, R., Mutch, D., Black, J., Leep, R., Nyiraneza J., and O'Neil, K. (2005). Evaluating Cover Crops for Benefits, Costs, and Performance within Cropping System Niches. <https://access.onlinelibrary.wiley.com/doi/full/10.2134/agronj2005.0322a>
- The Federal Communications Commission, FCC. (1972). <https://www.fcc.gov/licensing>
- US. Department of Agriculture, USDA., National Agricultural Statistics Service, NASS. (2017). Agricultura de Puerto Rico Datos Sobresalientes Resultados del Censo de Agricultura de 2018. https://www.nass.usda.gov/Publications/Highlights/2020/census_puertorico_spanish.pdf
- U.S. Department of Agriculture, USDA., Natural Resources Conservation Service, NRCS., Área del Caribe (2000). Manual de conservación de recursos naturales: Enfoque ambiental de la agricultura. <http://www.iiap.org.pe/upload/publicacion/PUBL480.pdf>



- U.S. Department of Agriculture, USDA., Natural Resources Conservation Service, NRCS., Virgin Islands Resource Christiansted, Conservation Development Council, Inc. (2012). Rain Garden Plants. What is a Rain Garden? https://www.ncei.noaa.gov/data/oceans/coris/library/NOAA/CRCP/other/other_crcp_publications/Watershed_USVI/stx_ee_hope_carton_road/130123_AttachmentC_11103.pdf
- US. Department of Agriculture, USDA. Natural Resources Conservation Service, NRCS. (2020). Conservation Practice Standard Water Harvesting Catchment CODE 636. <https://www.nrcs.usda.gov/resources/guides-and-instructions/water-harvesting-catchment-no-636-conservation-practice-standard>
- U.S. Department of Agriculture, USDA., Natural Resources Conservation Service, NRCS, Área del Caribe., National Cooperative Soil Survey, NCSS. (2019). Órdenes de Suelos de Puerto Rico. https://www.nrcs.usda.gov/sites/default/files/2022-09/Suelos%20de%20Puerto%20Rico%20banner_2018.pdf
- US. Department of Agriculture, USDA. Natural Resources Conservation Service, NRCS. (2021). Conservation Practice Standard Vegetative Barrier CODE 601. https://www.nrcs.usda.gov/sites/default/files/2022-10/Vegetative_Barrier_601_NHCP_CPS_2020.pdf
- U.S. Department of Agriculture, USDA., Natural Resources Conservation Service, NRCS. (s.f.). Vegetative Barriers for Protecting Topsoil, USDA NRCS Practice (601). University of Hawaii. https://www.ctahr.hawaii.edu/wq/publications/Final_FactSheets/VegetativeBarrier601.pdf
- U.S. Department of Agriculture, USDA., Natural Resources Conservation Service, NRCS., Puerto Rico. (2015). Vetiver/Pacholí, para controlar la erosión del suelo y mantener o mejorar la calidad de las aguas con Vetiver. https://caribbeanclimatehub.org/wp-content/uploads/2015/11/NRCS-CB_Vetiver_Factsheet_Espanol.pdf
- U.S. Department of Agriculture, USDA., Natural Resources Conservation Service, NRCS. Área Caribe. (2001). Barreras Vegetativas 601, Hoja de Trabajo de Práctica de Conservación. <https://efotg.sc.egov.usda.gov/references/Delete/2004-8-14/HOJA%23884.pdf>
- US. Department of Agriculture, USDA. Natural Resources Conservation Service, NRCS. (2014). Conservation Practice Standard Conservation Crop Rotation Code 328. https://www.nrcs.usda.gov/sites/default/files/2022-09/Conservation_Crop_Rotation_328_CPS.pdf
- U.S. Department of Agriculture, USDA, NCAT, ATTRA. (2015). Hoja de Datos: Rotación de Cultivos en Sistemas Agrícolas Orgánicos. <https://www.ams.usda.gov/sites/default/files/media/FINAL%20Rotacion%20de%20Cultivos%20en%20Sistemas%20Agricolas%20Organicos.pdf>



- US. Department of Agriculture, USDA. Natural Resources Conservation Service, NRCS. (2017). Conservation Practice Standard Conservation Contour Farming Code 330. https://www.nrcs.usda.gov/sites/default/files/2022-09/Contour_Farming_330_CPS_Oct_2017.pdf
- US. Department of Agriculture, USDA. Natural Resources Conservation Service, NRCS. (2014). Conservation Practice Standard Cover Crop Code 340. <https://www.nrcs.usda.gov/resources/guides-and-instructions/cover-crop-ac-340-conservation-practice-standard>
- Valentín, K., (2014, Enero). Bringing New Markets to Puerto Rico's Producers. U.S. Department of Agriculture, SDA. <https://www.usda.gov/media/blog/2014/01/08/bringing-new-markets-puerto-ricos-producers>
- Vázquez, J., y Lugo, V. (2018). Desarrollos de Techos Verdes y Huertos Verticales como Alternativa de Seguridad Alimentaria. SEA, UPRM. <https://www.uprm.edu/sea-huertocasero/mdocs-posts/sea-del-oeste-2018-vol-2/>
- Vélez, A. (24 de mayo de 2019). Un banquete de las ciencias del suelo. Prensa RUM. [Nota de prensa]. <https://www.uprm.edu/portada/2019/05/24/un-banquete-de-las-ciencias-del-suelo/>
- Yepes, B., Volverás, B., (2004). Barreras Vivas. Corpoica. <https://repository.agrosavia.co/handle/20.500.12324/17013>
- Yepes, B., Volverás, B., (2004). Rotación de Cultivo en Franjas a Nivel. Corpoica. https://repository.agrosavia.co/bitstream/handle/20.500.12324/11474/44474_57787.pdf?sequence=1&isAllow



Fuentes de apoyo:

- Oficinas del **Servicio de Extensión Agrícola (SEA)**.
<https://www.uprm.edu/sea>
- **USDA-NRCS** (Servicio de Conservación de Recursos Naturales).
<https://www.nrcs.usda.gov/conservation-basics/conservation-by-state/caribbean-area>
- **SARE** (Programa de Investigación y Educación para la Agricultura Sostenible). <https://southern.sare.org/>



Febrero 2026

© Derechos Reservados
Servicio de Extensión Agrícola,
Universidad de Puerto Rico

Publicado para la promoción del trabajo cooperativo de Extensión según lo dispuesto por las leyes del Congreso del 8 de mayo y del 30 de junio de 1914, en cooperación con el Departamento de Agricultura de los Estados Unidos, Servicio de Extensión Agrícola, Colegio de Ciencias Agrícolas, Universidad de Puerto Rico.

*Diseño gráfico: Federico Estrada Del Campo
Medios Educativos e Información, S.E.A.*

