

TecnoAgro

Tecnologías para Mejorar la Producción y
la Productividad Agropecuaria

Diplomado en Producción
**SOSTENIBLE DE
HORTALIZAS**

TEMA 5: Técnicas de
asociación y rotación de
cultivos

FACILITADOR: Rommel Ibrahim
Alvarado Rodríguez



I. INTRODUCCIÓN

1.1. Fundamentos de la horticultura sostenible

La producción de hortalizas representa una importante fuente de alimentos e ingresos para miles de familias nicaragüenses. Sin embargo, muchas veces la producción disminuye debido al desgaste del suelo, el aumento de plagas y enfermedades o el uso continuo del mismo cultivo en una misma parcela.

Una forma sencilla y económica de enfrentar estos problemas es aplicar prácticas agroecológicas que aprovechen mejor los recursos disponibles en la finca. Entre las más importantes se encuentran la asociación de cultivos y la rotación de cultivos, dos técnicas que ayudan a conservar la fertilidad del suelo, reducir la presencia de plagas, mejorar el uso del agua y obtener cosechas más saludables.

No es necesario realizar grandes inversiones para aplicar estas prácticas. Lo más importante es planificar adecuadamente la producción, conocer las características de cada cultivo y aprovechar la diversidad de especies presentes en la finca.

Cuando se combinan adecuadamente diferentes cultivos, la naturaleza trabaja a favor del productor, permitiendo disminuir costos de producción y obtener sistemas agrícolas más resistentes frente al cambio climático.

II. OBJETIVOS DEL APRENDIZAJE

Al finalizar el estudio de este tema, los participantes serán capaces de:

- Comprender la importancia de la asociación y la rotación de cultivos dentro de la producción sostenible de hortalizas.
- Identificar las principales formas de asociar cultivos en una parcela.
- Elaborar un plan sencillo de rotación de cultivos según las características del terreno.
- Implementar prácticas agroecológicas que ayuden a disminuir plagas y enfermedades.

- Mejorar el aprovechamiento del suelo, el agua y los nutrientes disponibles en la finca.
- Fortalecer la productividad del sistema hortícola mediante prácticas amigables con el ambiente.

1. ¿Por qué es importante asociar y rotar los cultivos?



Muchos productores acostumbran a sembrar el mismo cultivo durante varios ciclos seguidos porque tiene buena demanda en el mercado o porque conocen bien su manejo. Sin embargo, esta práctica provoca que el suelo pierda fertilidad poco a poco y favorece la aparición de plagas y enfermedades que permanecen en el terreno durante varios años.

Por ejemplo, si una parcela se dedica únicamente al cultivo de tomate durante varias temporadas, es común que aumenten los problemas ocasionados por hongos del suelo, nematodos, insectos y malezas difíciles de controlar. Además, el tomate consume grandes cantidades de nutrientes, especialmente nitrógeno, fósforo y potasio. Si estos nutrientes no se reponen adecuadamente, el rendimiento disminuye con el paso del tiempo.

La asociación y la rotación de cultivos permiten romper este ciclo. Al combinar diferentes especies o alternarlas entre ciclos de producción, el suelo tiene la oportunidad de recuperarse, disminuye la presión de plagas y se aprovechan mejor los recursos disponibles.

Entre los principales beneficios de asociar y rotar cultivos se encuentran:

- Disminuye la presencia de plagas y enfermedades.
- Conserva la fertilidad del suelo.
- Reduce la erosión causada por lluvia y viento.
- Aprovecha mejor el agua disponible.
- Disminuye el uso de plaguicidas y fertilizantes químicos.
- Favorece la presencia de insectos benéficos.
- Mejora la productividad de la finca.
- Hace que el sistema de producción sea más resistente a las variaciones del clima.

Planificación del huerto: división del terreno



La planificación del huerto es el primer paso para implementar eficazmente las técnicas de asociación y rotación de cultivos. Una adecuada organización del espacio permite optimizar los recursos, facilitar el manejo y asegurar la sostenibilidad del sistema productivo.

División del terreno en zonas funcionales:

- **Área de cultivo:** Es la zona principal donde se desarrollan las hortalizas. Debe dividirse en parcelas numeradas para facilitar el seguimiento de las rotaciones y asociaciones. Se recomienda que cada parcela tenga un tamaño que permita un manejo eficiente y que las parcelas sean de dimensiones similares para facilitar la planificación.
- **Área de compostaje:** Espacio destinado a la transformación de residuos vegetales en abono orgánico. Esta área debe ubicarse en un lugar accesible pero alejado de las zonas de cultivo para evitar problemas fitosanitarios. El compostaje es fundamental para el reciclaje de nutrientes y el mantenimiento de la fertilidad del suelo.
- **Área de semillero:** Zona donde se producen las plántulas que serán trasplantadas al área de cultivo. Debe contar con condiciones controladas de temperatura, humedad y protección contra plagas. La calidad de las plántulas es determinante para el éxito del cultivo posterior.
- **Área de manejo y preparación de insumos:** Espacio destinado al almacenamiento y preparación de sustratos, fertilizantes orgánicos, y herramientas. Debe ser un lugar seco, limpio y organizado que facilite las labores cotidianas.

Elaboración de un mapa o croquis de las parcelas:

- Es fundamental elaborar un mapa detallado del huerto donde se identifiquen:
- La ubicación y numeración de cada parcela.
- La orientación y las características del terreno (pendientes, áreas de sombra, etc.).
- Las zonas de paso y acceso para maquinaria.
- La ubicación de los sistemas de riego.
- Las áreas destinadas a cada una de las funciones anteriormente descritas.

II. METODOLOGÍA

El presente material educativo tiene como objetivo proporcionar un conocimiento integral sobre las técnicas de asociación y rotación de cultivos, fundamentado en principios científicos y prácticas validadas. Se abordarán en detalle: las técnicas de asociación de cultivos, las técnicas de rotación de cultivos, el manejo ecológico de plagas como resultado de la integración de estas prácticas y el aprovechamiento eficiente de los recursos suelo y agua mediante la diversificación.

Técnicas de asociación de cultivos hortícolas

La asociación de cultivos consiste en el cultivo simultáneo de dos o más especies vegetales en el mismo terreno, aprovechando las interacciones positivas entre ellas para optimizar el uso de recursos y minimizar problemas fitosanitarios. Esta práctica, ampliamente utilizada en sistemas de agricultura tradicional y agroecológica, se fundamenta en principios ecológicos que promueven la biodiversidad y el equilibrio del agrosistema.

Intercalado en surco

Definición y principios de la técnica

El intercalado en surco es una técnica de asociación que consiste en sembrar diferentes especies en surcos alternados o en el mismo surco, de manera que los cultivos compartan el espacio y el tiempo de crecimiento. Esta modalidad permite una interacción más estrecha entre las plantas asociadas, facilitando el intercambio de recursos y la protección mutua contra plagas.



La disposición en surcos alternados es particularmente efectiva cuando se combinan cultivos con diferentes hábitos de crecimiento, como maíz con frijol, tomate con albahaca, o repollo con tagetes. El cultivo alto proporciona sombra y soporte a las especies trepadoras o de menor porte, mientras que estas últimas actúan como cobertura viva que reduce la evaporación del suelo y controla malezas.

Diseño y arreglos espaciales

El intercalado en surco puede adoptar diferentes arreglos según el objetivo buscado:

Surcos alternados simples: Se siembra una hilera de un cultivo seguida de una hilera de otro cultivo. Este es el arreglo más común en sistemas de horticultura.

Surcos dobles: Se siembran dos hileras de un cultivo seguidas de dos hileras de otro. Este arreglo facilita el manejo mecanizado.

Surcos de guarda: Los surcos exteriores de la asociación se siembran con especies que actúan como barreras protectoras.

Cultivo en franja

Definición de la técnica

El cultivo en franja consiste en disponer los cultivos asociados en bandas o franjas alternadas de mayor anchura que los surcos individuales. Esta técnica es especialmente adecuada para sistemas de producción mecanizada, ya que permite la diferenciación de tratamientos culturales por franja y facilita el manejo de los cultivos.



Las franjas pueden estar compuestas por especies con diferentes funciones ecológicas: una franja de cultivo principal, franjas de plantas repelentes o atrayentes, y franjas de plantas mejoradoras del suelo. Esta disposición crea un mosaico de vegetación que aumenta la diversidad del agrosistema y proporciona hábitats para insectos benéficos.

Tipos de cultivo en franja

Según la disposición y el objetivo, se distinguen varios tipos de cultivo en franja:

Cultivo en franjas de contorno: las bandas de cultivo se alinean según el contorno del relieve. Esta práctica es especialmente eficaz en las pendientes para controlar la erosión, ya que protege el suelo de la formación de surcos y de la sedimentación al ralentizar las escorrentías.

Cultivo en callejones

Definición de la técnica

El cultivo en callejones es una práctica agroforestal que integra árboles o arbustos en hileras con cultivos hortícolas en los espacios entre ellas. Esta técnica, ampliamente utilizada en regiones tropicales y subtropicales, combina componentes leñosos y herbáceos para aprovechar los beneficios de ambos.

Los árboles o arbustos en los callejones pueden cumplir múltiples funciones: proporcionar sombra y protección contra el viento, fijar nitrógeno atmosférico cuando son leguminosas, aportar biomasa para cobertura y abono verde, y diversificar la producción con frutos, madera o forraje.

Ventajas y desventajas para la horticultura

Ventajas del cultivo en callejones:

- Mejora de la salud del suelo mediante el aporte de materia orgánica.
- Mayor diversidad de cultivos y diversificación de ingresos.
- Reducción de la erosión eólica e hídrica.
- Mejora del hábitat de la fauna silvestre y los insectos beneficiosos.
- Menor lixiviación de nutrientes hacia las aguas subterráneas.
- Reducción de la incidencia de malezas, plagas y enfermedades.

Desventajas del cultivo en callejones:

- La mano de obra para cortar y transportar las ramas provenientes de las podas constituye un alto costo.
- Competencia radicular entre las hileras de árboles y los cultivos.
- Necesidad de esperar varios años antes de lograr un incremento en los rendimientos.
- El sistema es inflexible en el momento que se requiere mano de obra para poda y eliminación de maleza.

Cultivo en estrato: sistema Milpa

Definición de la técnica

El cultivo en estrato, ejemplificado por el sistema milpa mesoamericano, consiste en la asociación de plantas con diferentes alturas y ciclos de crecimiento que ocupan distintos estratos verticales. Este sistema, que tradicionalmente combina maíz, frijol y calabaza, es un modelo de eficiencia ecológica donde cada especie cumple una función complementaria.



En el sistema milpa, el maíz proporciona el soporte vertical para el frijol trepador, el frijol fija nitrógeno que beneficia a las otras especies, y la calabaza actúa como cobertura viva que reduce la evaporación del suelo y controla malezas. Esta disposición en estratos optimiza el uso del espacio y la luz, permitiendo una mayor productividad por unidad de superficie que los cultivos individuales.

Beneficios fitosanitarios

El sistema milpa ejemplifica los beneficios fitosanitarios de la diversificación. La mezcla de cultivos con diferentes aromas y características físicas confunde a los insectos plaga, dificultando su localización del hospedero. Además, la presencia de múltiples especies proporciona refugio y alimento para depredadores y parasitoides, fortaleciendo el control biológico natural.

2.1.5 Cultivo protector: plantas repelentes

Definición de la técnica

El cultivo protector se basa en el uso de plantas con propiedades repelentes que, mediante la emisión de compuestos volátiles, mantienen alejados a los insectos plaga del cultivo principal. Esta estrategia aprovecha las defensas naturales de ciertas plantas para proteger a especies más vulnerables sin recurrir a productos químicos.

Las plantas repelentes emiten aromas intensos que pueden confundir o repeler a los insectos. Estas plantas se siembran bordeando los extremos de cada surco del cultivo o alrededor del mismo para ejercer una barrera protectora. Algunas plantas

repelentes son efectivas contra un insecto específico, mientras que otras tienen un espectro de acción más amplio.

Especies repelentes utilizadas en horticultura

Las principales plantas repelentes utilizadas en horticultura incluyen:

- Albahaca: repelente de moscas y mosquitos. Especialmente efectiva contra la mosca blanca en tomates.
- Menta: repelente de hormigas, pulgones y polillas.
- Tagetes: repelente de nematodos y mosca blanca.
- Caléndula: atrae pulgones y polinizadores, actuando como planta indicadora y protectora.
- Culantro: repelente de pulgones y araña roja.
- Ruda: repelente de moscas y otros insectos.
- Romero: repelente de la polilla de la col y la mosca de la zanahoria.
- Salvia: repelente de la polilla de la col.

2.1.6. Cultivo trampa y de barrera



Definición de la técnica

El cultivo trampa consiste en sembrar plantas especialmente atractivas para las plagas alrededor o entre los cultivos principales, con el objetivo de desviar a los insectos y concentrarlos en áreas donde pueden ser eliminados. Esta estrategia se fundamenta en la preferencia diferencial de las plagas por ciertas especies, variedades o estados fenológicos.

El principio del cultivo trampa se basa en que los organismos plaga muestran una preferencia distintiva por ciertas especies o cultivares. Al proporcionar una planta más atractiva que el cultivo principal, se reduce el daño sobre este último. Las plantas trampa pueden servir también como refugio para insectos depredadores y parasitoides, aumentando así la población de control biológico nativo.

Especies utilizadas como cultivos trampa

A continuación, se listan algunas de las especies que sirven como trampa o barrera en la horticultura.

Sistema de asocio	Planta utilizada	Plaga objetivo	Cultivo principal protegido
Trampa	Capuchina	Pulgones, mosca blanca	Tomate, pimiento, repollo
Trampa	Caléndula	Pulgones, mosca blanca	Diversas hortalizas
Trampa	Tagetes	Nematodos, mosca blanca	Tomate, pimiento
Trampa	Berenjena	Mosca blanca	Tomate
Barrera física	Maíz	Mosca blanca, trips, pulgones y otros insectos transportados por el viento	Tomate, pimiento, lechuga y otras hortalizas
Barrera física	Sorgo	Trips, pulgones, mosca blanca e insectos de vuelo bajo	Tomate, cebolla, cucurbitáceas y hortalizas
Barrera física	Girasol	Chinches, pulgones e insectos voladores	Hortalizas y leguminosas
Barrera física	Caña de azúcar	Saltahojas e insectos transportados por el viento	Hortalizas y cultivos de ciclo corto
Barrera física	Pasto elefante	Insectos voladores y plagas migratorias	Hortalizas, frijol y otros cultivos anuales
Barrera física	Mijo perla	Pulgones, trips y mosca blanca	Solanáceas y hortalizas de hoja

Uso como barrera contra virus

Un aspecto particularmente relevante del cultivo trampa es su papel en la reducción de la incidencia de virus no persistentes transmitidos por insectos vectores. Los cultivos trampa protegen a los cultivos principales al atraer a los organismos plaga que normalmente colonizarían el cultivo principal.

El proceso de localización de la planta hospedera ocurre en tres etapas: detección del olor característico, aterrizaje en algo verde, y evaluación de la calidad de la planta. Si el

insecto realiza aterrizajes "inapropiados" en plantas no hospederas, puede abandonar la zona en busca de mejores condiciones. Por esta razón, las plantas barreras pueden actuar como "señuelos" que desvían a los insectos lejos del cultivo principal.

Técnicas de rotación de cultivos en horticultura

La rotación de cultivos consiste en la alternancia de diferentes especies en una misma parcela a lo largo del tiempo. Esta práctica, considerada uno de los pilares de la agricultura sostenible, permite mantener la fertilidad del suelo, reducir la presión de plagas (insectos y patógenos), y optimizar el uso de recursos. La rotación se planifica considerando múltiples criterios que aseguran la complementariedad entre los cultivos.

Rotación por familias botánicas

Fundamentos de la técnica

La rotación por familias botánicas es una estrategia fundamental para el manejo de plagas de suelo en horticultura. Se basa en el principio de que los patógenos e insectos suelen ser específicos de una familia botánica, por lo que la alternancia de familias diferentes en el tiempo interrumpe sus ciclos biológicos y reduce sus poblaciones.

Esta estrategia es particularmente importante para el control de enfermedades transmitidas desde el suelo, como los hongos del género *Fusarium*, *Verticillium* y *Phytophthora*, que pueden persistir en el suelo durante varios años.

Ejemplo de rotación por familias

Año	Parcela 1	Parcela 2	Parcela 3	Parcela 4
Año	Solanáceas	Brasicáceas	Fabáceas	Liliáceas
Año	Liliáceas	Solanáceas	Brasicáceas	Fabáceas
Año	Fabáceas	Liliáceas	Solanáceas	Brasicáceas
Año	Brasicáceas	Fabáceas	Liliáceas	Solanáceas

Rotación por requerimientos nutricionales

Principios de la técnica

La rotación por requerimientos nutricionales busca alternar cultivos con diferentes necesidades de nutrientes para evitar el agotamiento selectivo del suelo. Esta estrategia se basa en la complementariedad nutricional entre especies, donde cultivos extractivos de altos requerimientos son seguidos por cultivos de bajos requerimientos o por plantas mejoradoras.

Planificación de la rotación nutricional

La planificación de la rotación nutricional debe considerar que:

- Los cultivos altamente extractores deben ser seguidos por cultivos aportadores o por una fertilización orgánica abundante.
- Los cultivos moderadamente extractores pueden ser cultivados después de los aportadores o después de una fertilización moderada.
- Los cultivos aportadores son ideales para preceder a los cultivos altamente extractores.
- La inclusión de leguminosas en la rotación reduce significativamente la necesidad de fertilizantes nitrogenados sintéticos.

Rotación por tipo de raíz y exploración de estratos

Fundamentos de la técnica

La rotación por tipo de raíz considera las diferentes capacidades de exploración del suelo que tienen los distintos cultivos, alternando especies con sistemas radicales superficiales y profundos para optimizar el aprovechamiento de nutrientes y agua en todo el perfil del suelo.

Los cultivos con raíces profundas pueden acceder a nutrientes y agua en capas más profundas del suelo, que luego quedan disponibles para cultivos siguientes al descomponerse el material radical. Los cultivos de raíz superficial exploran principalmente los primeros centímetros del suelo y son más dependientes de la fertilidad superficial.

Clasificación de cultivos hortícolas según su sistema radicular

De acuerdo con la profundidad efectiva del sistema radical, las especies hortícolas se clasifican en:

Tipo de sistema radical	Profundidad efectiva	Especies representativas	Características agronómicas
Raíz pivotante profunda	> 30 cm	Zanahoria, remolacha, nabo, rábano, chirivía	Exploran capas más profundas del suelo, favorecen el reciclaje de nutrientes y contribuyen a la descompactación natural del perfil.
Raíz fasciculada o intermedia	10-30 cm	Tomate, pimiento, berenjena, papa, repollo	Presentan una exploración intermedia del suelo y una elevada capacidad de absorción de agua y nutrientes en los horizontes superficiales e intermedios.
Raíz superficial	< 10 cm	Lechuga, espinaca, cebolla, ajo, puerro	Concentran la mayor parte de las raíces absorbentes en los primeros centímetros del suelo.

Beneficios de la rotación por tipo de raíz

La alternancia de cultivos con diferentes sistemas radicales contribuye a:

Mejora de la estructura del suelo: las raíces profundas pueden romper capas compactadas, aumentar la porosidad y facilitar la infiltración del agua. Las raíces superficiales y fibrosas ayudan a estabilizar los agregados del suelo y reducir la erosión.

Optimización de la absorción de nutrientes: cada tipo de raíz explora diferentes estratos del suelo, accediendo a nutrientes que no estarían disponibles para cultivos de raíz superficial.

Integración con otros criterios de rotación

La rotación por función ecológica debe combinarse con la rotación por requerimientos nutricionales, familias botánicas y tipo de raíz, ya que cada criterio responde a un problema diferente:

- Requerimientos nutricionales: evita el agotamiento de nutrientes específicos.
- Tipo de raíz: mejora el aprovechamiento del perfil del suelo.
- Función ecológica: mantiene procesos biológicos y servicios ecosistémicos del agroecosistema.

2.3. Manejo ecológico de plagas: un enfoque integrado

El manejo ecológico de plagas integra los principios de la agroecología para mantener las poblaciones de organismos dañinos por debajo del nivel de daño económico, sin recurrir a plaguicidas sintéticos. Este enfoque se basa en el conocimiento de las interacciones ecológicas y la promoción de la biodiversidad funcional en el agrosistema.

El manejo ecológico de plagas se fundamenta en varios principios:

- Prevención: las prácticas culturales, como la asociación y rotación de cultivos, previenen el establecimiento de plagas antes de que se conviertan en un problema.
- Biodiversidad: la diversidad vegetal proporciona hábitat y recursos para enemigos naturales, reduce la probabilidad de que las plagas encuentren sus hospederos y dificulta su proliferación.
- Resiliencia: los sistemas diversificados son más resistentes a las perturbaciones y se recuperan más rápidamente de los daños.
- Control biológico: la conservación y potenciación de depredadores y parasitoides es la principal estrategia de supresión de plagas.

III. PREGUNTAS ORIENTADORAS

1. ¿Qué problemas han observado en sus parcelas cuando siembran el mismo cultivo durante varios ciclos seguidos, y cómo creen que la asociación o rotación de cultivos podría ayudar a resolverlos?
2. ¿Qué asociaciones de cultivos han utilizado o conocen en sus comunidades? ¿Cuáles les han dado mejores resultados en cuanto al control de plagas, producción o aprovechamiento del terreno
3. ¿Qué plantas repelentes, cultivos trampa o barreras vivas utilizan actualmente para reducir las plagas? ¿Qué experiencias positivas o dificultades han tenido con estas prácticas?

IV. CONCLUSIONES

La asociación de cultivos, mediante sus diferentes modalidades (intercalado en surco, cultivo en franja, cultivo en callejones, cultivo en estrato, cultivo protector y cultivo trampa), permite aprovechar las interacciones positivas entre especies para optimizar la productividad, reducir la incidencia de plagas y enfermedades, y mejorar la eficiencia en el uso de agua y nutrientes. La evidencia científica respalda la eficacia de estas técnicas, mostrando que los sistemas diversificados son más resilientes y productivos que los monocultivos.

V. REREFENCIAS

5 técnicas para un manejo adecuado de plagas en hortalizas. (2022). Observatorio Agronet - UPRA.

Jiménez Otárola, F., Faustino, J., & Kass, D. (1997). Potencial hídrico del suelo en un sistema de cultivo en callejones poró (*Erythrina poeppigiana*) - frijol (*Phaseolus vulgaris*).

Kass, D.L., & Jimenez, B.J. (1990). Alley cropping with roots and tubers. Agroforestería (Costa Rica), (5), 1-6.

