

TecnoAgro

Tecnologías para Mejorar la Producción y
la Productividad Agropecuaria

Diplomado en Producción **SOSTENIBLE DE HORTALIZAS**

MÓDULO 4: Técnicas novedosas para
mejorar la producción

TEMA 6: Producción de hortalizas en
estructuras protegidas

FACILITADOR: Dra. Francisca Mejía Betancourt



Contenido

I. INTRODUCCIÓN.....	3
II. DESARROLLO	3
III. CONCLUSIONES.....	18
IV. PREGUNTAS ORIENTADORAS	19
V. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	19

I. INTRODUCCIÓN

La producción de hortalizas se enfrenta cada vez más a mayores problemas debido a la variabilidad climática, las altas temperaturas, la irregularidad de las lluvias y la aparición de nuevas plagas y enfermedades. Estas condiciones provocan pérdidas económicas y reducen la calidad de la producción.

Ante esta situación, la agricultura protegida surge como una alternativa tecnológica que permite crear mejores condiciones para el crecimiento y desarrollo de los cultivos, disminuyendo los riesgos asociados al clima y haciendo un uso más eficiente del agua y los fertilizantes.

La producción de hortalizas bajo estructuras protegidas permite obtener mayores rendimientos, productos de mejor calidad y la posibilidad de producir durante gran parte del año, contribuyendo a mejorar los ingresos y la seguridad alimentaria de las familias productoras.

II. DESARROLLO

1. Producción de hortalizas en áreas protegidas

1.1. Definición de agricultura protegida

La agricultura protegida consiste en producir hortalizas dentro de estructuras diseñadas para modificar o mejorar las condiciones ambientales en las que crecen las plantas. Estas estructuras permiten proteger los cultivos del exceso de lluvia, altas o bajas temperaturas, vientos fuertes y, en algunos casos, de plagas y enfermedades.

La producción de hortalizas en áreas protegidas es una tecnología que ha tomado mayor importancia en los últimos años debido a los efectos del cambio climático, la escasez de agua y la necesidad de producir alimentos de mejor calidad y durante más meses del año.

La agricultura protegida puede desarrollarse mediante diferentes estructuras, desde sistemas sencillos y de bajo costo, como los microtúneles, hasta sistemas más tecnificados como los invernaderos e instalaciones hidropónicas.



Cultivos establecidos bajo una estructura de agricultura protegida

Beneficios

- ✓ Mayor producción por unidad de área.
- ✓ Mejor calidad y uniformidad de los productos.
- ✓ Protección contra lluvias intensas y altas temperaturas.
- ✓ Menor pérdida por plagas y enfermedades.
- ✓ Producción durante gran parte del año.
- ✓ Mejor aprovechamiento del agua y los fertilizantes.
- ✓ Posibilidad de producir hortalizas de alto valor comercial.



Calidad de una lechuga hidropónica

2. ¿Por qué hoy es importante producir bajo estructuras protegidas?

Actualmente la agricultura enfrenta las siguientes problemáticas:

- ✓ Variabilidad climática.
- ✓ Incremento de las temperaturas.
- ✓ Sequías prolongadas.
- ✓ Lluvias intensas e inundaciones.
- ✓ Nuevas plagas y enfermedades.
- ✓ Incremento en los costos de producción.
- ✓ Menor disponibilidad de tierras agrícolas.



Afectaciones por plagas en el cultivo de repollo

Ante esta situación, las estructuras protegidas se convierten en una herramienta que ayuda a reducir los riesgos de producción y permite que los productores obtengan mejores rendimientos y productos de mayor calidad.

3. Tipos de estructuras utilizadas en agricultura protegida

Existen diversas tecnologías utilizadas en la agricultura protegida, que van desde alternativas sencillas y de menor costo, como el acolchado acompañado de sistemas de riego por goteo, los microtúneles, los macrotúneles y las casas malla, hasta tecnologías más especializadas, como los invernaderos y los sistemas hidropónicos. La elección de cada una dependerá del tipo de cultivo, las condiciones climáticas, los recursos disponibles y los objetivos de producción. A continuación, se describen las principales características de cada una de estas tecnologías

3.1. Microtúneles

Son estructuras pequeñas y de bajo costo, cubiertas generalmente con plástico o malla antiáfidos. Se utilizan principalmente para proteger los cultivos durante sus primeras etapas de crecimiento.



Vista interna y externa de un microtúnel como estructura de protección

Ventajas

- ✓ Fácil instalación.
- ✓ Bajo costo de inversión.
- ✓ Protección de las plántulas.
- ✓ Reducción del daño causado por insectos.
- ✓ Mayor velocidad de crecimiento de las plantas.

Son muy utilizados para proteger a los cultivos durante las primeras etapas de crecimiento en tomate, chiltoma, pepino, cebolla y lechuga.

3.2. Macrotúneles

Son estructuras más grandes que los microtúneles y permiten que las plantas permanezcan protegidas durante todo su ciclo de producción.



Cultivos establecidos bajo macrotúnel acompañado del acolchado y fertirriego

Se utilizan principalmente en cultivos como:

- ✓ Tomate.
- ✓ Chiltoma.
- ✓ Pepino.
- ✓ Fresa.
- ✓ Berenjena.

Ventajas

- ✓ Protección contra las lluvias.
- ✓ Menor incidencia de enfermedades foliares.
- ✓ Mayor rendimiento.
- ✓ Mejor calidad de los frutos.
- ✓ Mayor facilidad para realizar las labores de manejo.

3.3. Casas malla o casas sombra

Son estructuras cubiertas con mallas especiales que reducen la radiación solar y limitan la entrada de algunos insectos.

Estas estructuras son muy utilizadas en zonas de altas temperaturas y en la producción de plántulas que es cuando se requiere menos intensidad de la luz.

La principal diferencia entre una casa sombra y una casa malla está en el tipo de cubierta que utilizan. La casa sombra está cubierta con malla sarán de diferentes porcentajes de sombreo, cuya función es reducir la intensidad de la radiación solar. Por su parte, la casa malla está cubierta con malla antiáfidos.



Cultivos de hortalizas establecidos bajo malla sombra

Ventajas

- ✓ Disminuyen el estrés por calor.
- ✓ Reducen la evaporación del agua.
- ✓ Mejoran el crecimiento de las plantas.
- ✓ Reducen el daño causado por insectos.
- ✓ Permiten un mejor aprovechamiento del agua y los fertilizantes.

Bajo estas estructuras son muy utilizadas en cultivos de tomate, chiltoma y pepino bajo.

3.4. Invernaderos

Los invernaderos son estructuras cubiertas con materiales transparentes que permiten crear un ambiente más favorable para el crecimiento y desarrollo de los cultivos.

Dependiendo del nivel de equipamiento y automatización, existen invernaderos de baja, mediana y alta tecnología. Mientras mayor sea el nivel tecnológico, mayor será la capacidad para controlar factores ambientales como la temperatura, la humedad, la ventilación, la radiación solar y el riego.

Su principal objetivo es proporcionar un ambiente favorable para el crecimiento y desarrollo de las plantas, permitiendo obtener mayores rendimientos y productos de excelente calidad.



Diferentes formas de invernadero de una sola nave

Ventajas

- ✓ Producción durante todo el año.
- ✓ Mayor productividad.
- ✓ Mejor calidad de frutos.
- ✓ Menor pérdida por condiciones climáticas.
- ✓ Mejor aprovechamiento de los insumos.
- ✓ Mayor eficiencia en el uso del agua.

Aspectos a considerar

- ✓ Requiere mayor inversión inicial.
- ✓ Necesita conocimientos técnicos.
- ✓ Demanda monitoreo constante.
- ✓ Requiere un mercado seguro para la comercialización.

Los invernaderos se recomiendan principalmente para cultivos de alto valor económico como tomate, chiltoma, pepino, lechuga, cebollín, hierbas aromáticas y algunas flores.

4. Tecnologías complementarias de la agricultura protegida

4.1. Fertiirrigación

La fertiirrigación consiste en aplicar los fertilizantes a través del sistema de riego.

Esta práctica permite que los nutrientes lleguen directamente a las raíces de las plantas, mejorando su aprovechamiento y reduciendo pérdidas.

Beneficios

- ✓ Mayor eficiencia en el uso de fertilizantes.
- ✓ Ahorro de agua.
- ✓ Mejor crecimiento de las plantas.
- ✓ Incremento en el rendimiento.
- ✓ Reducción de costos por aplicación de fertilizantes.

4.2. Acolchado o mulch

El acolchado consiste en cubrir el suelo con materiales orgánicos o plásticos.

4.2.1. Tipos de acolchados

Los acolchados se clasifican en dos grandes grupos: orgánicos e inorgánicos. Los acolchados orgánicos están formados por materiales de origen natural, como rastrojos de cosecha, hojas secas, paja, aserrín, residuos de poda y compost. Además de conservar la humedad y reducir el crecimiento de las malezas, estos materiales evitan que los frutos entren en contacto directo con el suelo, mejorando su calidad comercial.



Cultivo de tomate y frijol con acolchado orgánico

Por su parte, los acolchados inorgánicos están constituidos por materiales de lenta degradación, como las láminas plásticas de polietileno (negro, blanco, transparente o bicolor) y la grava volcánica. Estos son ampliamente utilizados en la producción intensiva de hortalizas porque ayudan a conservar la humedad, controlar las malezas, regular la temperatura del suelo y mejorar las condiciones para el crecimiento y desarrollo de los cultivos.



Utilización de acolchado transparente, negro y bicolor.

Beneficios

- ✓ Conserva la humedad del suelo.
- ✓ Reduce las malezas.
- ✓ Disminuye la erosión.
- ✓ Mejora la temperatura del suelo.

- ✓ Reduce algunas enfermedades.
- ✓ Mejora la calidad de los frutos.

El acolchado plástico de color negro y plata es uno de los más utilizados en la producción de tomate, chiltoma y pepino.

5. Hidroponía: producir sin suelo

La hidroponía constituye una de las tecnologías más utilizadas dentro de la agricultura protegida, especialmente cuando se busca producir en espacios reducidos, en suelos con características no deseables como la erosión, problemas de fertilidad y sanitarios.

5.1. Definición

La hidroponía es un sistema de producción en el que las plantas crecen sin utilizar suelo. Los nutrientes que necesitan las plantas se suministran a través del agua mediante soluciones nutritivas preparadas especialmente para cada cultivo.

Las plantas pueden crecer directamente en la so o sobre diferentes sustratos como:

- ✓ Fibra de coco.
- ✓ Cascarilla de arroz.
- ✓ Arena de río.
- ✓ Grava volcánica o arena de tezontle.
- ✓ Piedrín
- ✓ Piedra pómez.

5.2. La hidroponía es una excelente alternativa cuando:

- ✓ Los suelos son pobres.
- ✓ Existen problemas de enfermedades en el suelo.
- ✓ Se dispone de espacios reducidos.
- ✓ Se desea producir de manera intensiva.

5.3. Ventajas

- ✓ Ahorro significativo de agua.
- ✓ Mayor producción en espacios pequeños.

- ✓ Mejor aprovechamiento de fertilizantes.
- ✓ Menor incidencia de enfermedades del suelo.
- ✓ Productos más uniformes y de mejor calidad.
- ✓ Mayor productividad.

5.4. Aspectos que debo considerar

- ✓ Requiere inversión inicial.
- ✓ Se necesita capacitación técnica.
- ✓ El sistema debe monitorearse constantemente.
- ✓ Se requiere disponibilidad de insumos y equipos.
- ✓ Es recomendable contar con un mercado previamente identificado.

5.5. Técnicas hidropónicas más utilizados

5.5.1. Sistema de raíz flotante o balsa profunda

Las raíces permanecen sumergidas en una solución nutritiva. Es ampliamente utilizado para producir:

- ✓ Lechuga.
- ✓ Albahaca.
- ✓ Apio.
- ✓ Acelga.

5.5.2. Sistema NFT (Técnica de la película nutritiva)

La solución nutritiva circula continuamente por canales donde se encuentran las raíces de las plantas.

Es utilizado principalmente en:

- ✓ Lechuga.
- ✓ Fresas.
- ✓ Hierbas aromáticas.

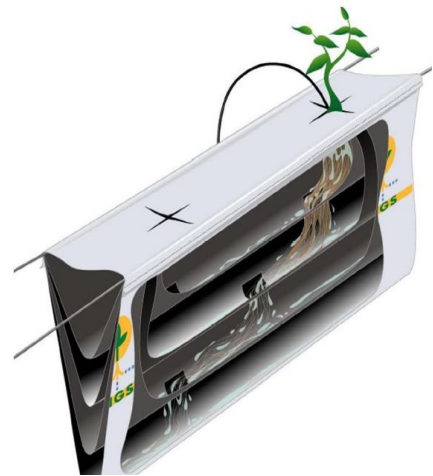
✓ Hortalizas de hoja.



Sistema de raíz flotante(a) y NFT(b). Fuente de la fotografía (Mejía-Betancourt, 2024).

5.5.3. Técnica del nuevo sistema de crecimiento (NGS)

un sistema que utiliza canales o mangas plásticas multicapa por donde circula continuamente la solución nutritiva. Combina algunas ventajas del sistema NFT y del cultivo en sustrato, permitiendo un mejor desarrollo radicular y una distribución uniforme del agua y los nutrientes. Se utiliza principalmente en cultivos como tomate, pepino, fresa y pimiento.



Sistema hidropónico NGS

5.5.4. Aeroponía

La aeroponía es un sistema hidropónico en el que las raíces de las plantas permanecen suspendidas en el aire dentro de una cámara oscura y reciben periódicamente una fina nebulización de agua con nutrientes.

Este sistema proporciona una excelente oxigenación de las raíces,



Cultivo de papa establecido en un sistema aeropónico.

favoreciendo un crecimiento rápido y altos rendimientos. Sin embargo, requiere un suministro continuo de energía eléctrica y un monitoreo constante, ya que cualquier interrupción en la nebulización puede afectar rápidamente el desarrollo de las plantas.

Se utiliza principalmente en la producción de plántulas, hortalizas de hoja, papa semilla y cultivos de alto valor.

5.5.5. Acuaponía

La acuaponía es un sistema de producción que integra la hidroponía con la acuicultura. En este sistema, los desechos generados por los peces son transformados por microorganismos en nutrientes que son aprovechados por las plantas, mientras que las plantas ayudan a purificar el agua que posteriormente regresa a los estanques de los peces.

Esta tecnología permite producir simultáneamente hortalizas y peces utilizando menos agua que los sistemas convencionales, aunque requiere conocimientos sobre el manejo tanto de los cultivos como de los organismos acuáticos para mantener el equilibrio del sistema.



Lechuga en sistema acuapónico

5.6. La solución nutritiva en un sistema hidropónico

5.6.1. Concepto de solución nutritiva

La solución nutritiva es una mezcla de agua y fertilizantes que aporta a las plantas todos los nutrientes esenciales que necesitan para crecer, desarrollarse y producir adecuadamente. En los sistemas hidropónicos, la solución nutritiva reemplaza al suelo como fuente de nutrientes, por lo que su preparación y manejo son determinantes para el éxito del cultivo.

5.6.2. Aspectos a considerar para preparar una solución nutritiva

Para preparar una solución nutritiva de calidad es importante evaluar primero las características del agua. Uno de los parámetros más importantes es el pH, el cual debe ser ligeramente ácido. Una vez preparada la solución nutritiva, el pH debe mantenerse entre 5.5 y 6.5, ya que en este rango la mayoría de los nutrientes se encuentran disponibles para ser absorbidos por las raíces. Cuando el pH está fuera de este intervalo, algunos nutrientes pueden precipitarse o disminuir su disponibilidad, afectando el crecimiento de las plantas.

Otro parámetro importante es la conductividad eléctrica (CE) del agua, la cual indica la cantidad de sales disueltas. Antes de preparar la solución nutritiva, el agua debe presentar una conductividad eléctrica menor de 0.5 dS/m. Si la CE es superior, se considera un agua con alto contenido de sales o "agua pesada", generalmente por la presencia de bicarbonatos y otros minerales, lo que puede interferir con la absorción de nutrientes. En estos casos, es recomendable corregir el agua utilizando ácidos, como ácido fosfórico, ácido sulfúrico, o reguladores comerciales de pH. Además, siempre que sea posible, se recomienda realizar un análisis de calidad del agua, ya que esta puede contener nutrientes como calcio, magnesio, potasio o nitratos que deben considerarse al calcular las cantidades de fertilizantes a aplicar, evitando excesos o deficiencias nutricionales.

La conductividad eléctrica también se utiliza para verificar la concentración de nutrientes en la solución nutritiva. A medida que se agregan fertilizantes al agua, la conductividad aumenta. El valor adecuado dependerá del cultivo y de su etapa de desarrollo. En hortalizas de hoja, como lechuga, espinaca y

perejil, generalmente se recomienda mantener una conductividad entre 0.8 y 1.5 dS/m. En cambio, en hortalizas de fruto, como tomate, chiltoma, pepino y berenjena, la conductividad puede variar entre 1.5 y 3.0 dS/m, incrementándose conforme el cultivo avanza hacia las etapas de floración y producción de frutos.

Durante la preparación de la solución nutritiva también es importante considerar la compatibilidad entre los fertilizantes. Los nitratos y los sulfatos o fosfatos deben disolverse inicialmente en recipientes separados para evitar reacciones químicas que provoquen la formación de precipitados insolubles, los cuales reducen la disponibilidad de nutrientes para las plantas y pueden obstruir los sistemas de riego. Una vez que cada fertilizante se ha disuelto completamente, las soluciones pueden incorporarse al mismo tanque de preparación, asegurando una mezcla homogénea antes de aplicarla al cultivo.

Para monitorear estos parámetros es importante contar con equipos como:

Medidor de pH y conductividad ya sea con sensores individuales o que mida los dos parámetros al mismo tiempo.



Medidor de pH y conductividad

5.6.3. ¿Qué nutrientes debe de llevar una solución nutritiva?

Las plantas necesitan al menos 17 elementos esenciales para completar su ciclo de vida y alcanzar un buen crecimiento y producción. Mientras más de estos nutrientes se suministren en las cantidades adecuadas y de forma balanceada, mayores serán las posibilidades de obtener cultivos sanos y de alto rendimiento. Tres de estos elementos como el carbono (C),

hidrógeno (H) y oxígeno (O), son absorbidos naturalmente del aire y del agua. Los demás deben ser aportados mediante el suelo o, en el caso de los sistemas hidropónicos, a través de la solución nutritiva.

Las concentraciones de estos nutrientes pueden expresarse utilizando diferentes unidades de medida, como porcentaje (%), partes por millón (ppm) o miliequivalentes por litro (meq/L). Cada una tiene su utilidad; sin embargo, se recomienda utilizar las unidades que resulten más sencillas de comprender y aplicar durante la preparación y el manejo de las soluciones nutritivas.

MACRONUTRIMENTOS		MICRONUTRIMENTOS	
NITRÓGENO (N)	19.82%	HIERRO (Fe-EDTA)	0.52%
FÓSFORO (P)	5.34%	MANGANESO (Mn-EDTA)	0.09%
POTASIO (K)	42.74%	ZINC (Zn-EDTA)	0.03%
CALCIO (Ca)	16.20%	COBRE (Cu-EDTA)	0.01%
MAGNESIO (Mg)	5.51%	BORO (B)	0.05%
AZUFRE (S)	9.69%	MOLIBDENO (Mo)	0.01%

Ejemplo de una solución nutritiva para cultivo de lechuga

III. CONCLUSIONES

La producción de hortalizas bajo áreas protegidas representa una alternativa para enfrentar los problemas que impone la variabilidad climática y mejorar la productividad, la calidad y la rentabilidad de los cultivos. Sin embargo, no existe una tecnología que sea la mejor para todos los productores. La elección entre un acolchado, un microtúnel, una casa malla, un invernadero o un sistema hidropónico dependerá de las condiciones de la finca, la disponibilidad de agua, los recursos económicos, los conocimientos técnicos y el mercado al que se desea acceder. En otras palabras, la mejor tecnología no es la más sofisticada, sino aquella que mejor se adapta a las necesidades y posibilidades de cada unidad de producción.

IV. PREGUNTAS ORIENTADORAS

1. ¿Qué tipo de estructura protegida consideran más adecuada para su sistema de producción y por qué?
2. ¿Qué factores deben evaluarse antes de invertir en una estructura protegida o en un sistema hidropónico?
3. ¿Por qué es importante monitorear el pH y la conductividad eléctrica de la solución nutritiva en los sistemas hidropónicos? ¿Qué consecuencias podría tener un manejo inadecuado de estos parámetros?
4. Según las condiciones de su unidad de producción, ¿recomendarían implementar un sistema de agricultura protegida? Expliquen las razones de su respuesta.

V. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Instituto Nicaragüense de Tecnología Agropecuaria Gómez-Martínez, J.A. (2023). Diplomado tecnologías para mejorar la producción y productividad agropecuaria en tecnologías de producción agropecuarias. Universidad Nacional Agraria.

<https://repositorio.una.edu.ni/4874/1/RENF01G633.pdf>

Ochoa Hernández, Y. V. (2024). La agricultura protegida como innovación para la investigación agrícola y la producción de semillas. Petroglifos. Revista Crítica Transdisciplinar, 7(1), e070103.
<https://doi.org/10.5281/zenodo.11127264>.

Sánchez, D. C. F., & Moreno, P. E. C. (2017). Diseño agronómico y manejo de hortalizas.



Gobierno de Reconciliación
y Unidad Nacional

El Pueblo, Presidente!



TecnoAgro

**Tecnologías para Mejorar la Producción y
la Productividad Agropecuaria**