



Guía Técnica de Producción de Pitahaya en Sistemas Hidropónicos en Ambientes Controlados

CIPAC AIP



CIPAC AIP

Centro de Investigación y Producción en
Ambiente Controlado AIP

PRESENTACIÓN

El Centro de Investigación de Agricultura en Ambiente Controlado (CIPAC-AIP), reconocido como líder en innovación y tecnología agrícola, se dedica a impulsar la producción sostenible y de alta calidad mediante el uso de sistemas controlados. Como institución clave en la modernización del sector agrícola, el CIPAC-AIP tiene como objetivo fomentar prácticas avanzadas que permitan incrementar la productividad, optimizar el uso de los recursos naturales y fortalecer la competitividad de los productos agrícolas nacionales e internacionales.

En este contexto, el cultivo de pitahaya se posiciona como una de las alternativas más prometedoras gracias a sus propiedades nutracéuticas, su versatilidad en la industria alimentaria y cosmética, y su creciente demanda en mercados globales. Esta fruta tropical no solo ofrece beneficios para la salud, como su alto contenido de antioxidantes, fibra y vitamina C, sino que también representa una oportunidad económica significativa para pequeños y medianos productores que buscan diversificar su oferta agrícola.

Conscientes de las ventajas que los sistemas hidropónicos en ambientes controlados ofrecen para la producción de pitahaya, el CIPAC-AIP ha desarrollado este manual técnico como una herramienta integral que combina conocimientos científicos avanzados con prácticas agronómicas adaptadas a sistemas controlados. Este enfoque busca no solo mejorar la productividad, sino también garantizar la sostenibilidad del cultivo, optimizar los recursos y minimizar el impacto ambiental.

La producción de pitahaya en sistemas controlados presenta múltiples ventajas:

- **Eficiencia en el uso de recursos:** Los sistemas hidropónicos permiten ahorrar hasta un 90% de agua en comparación con los métodos tradicionales, además de optimizar el uso de nutrientes mediante recirculación.
- **Calidad uniforme de los frutos:** El entorno controlado asegura condiciones óptimas de crecimiento, lo que resulta en frutos de alta calidad, homogéneos en tamaño, color y sabor.
- **Producción durante todo el año:** La capacidad de regular factores como la luz, la temperatura y la humedad elimina las limitaciones estacionales, garantizando una oferta constante para los mercados.

Este manual técnico está diseñado para productores, técnicos, estudiantes y profesionales del sector agrícola interesados en implementar sistemas hidropónicos para la producción de pitahaya en ambientes controlados. Su contenido aborda todos los aspectos necesarios para el manejo exitoso del cultivo, incluyendo selección de materiales, diseño del sistema, manejo agronómico, control de plagas y enfermedades, y estrategias de optimización.

El objetivo final del CIPAC-AIP con esta guía es brindar a los productores las herramientas necesarias para mejorar su rentabilidad y contribuir al desarrollo económico y social de las comunidades agrícolas. Además, esta iniciativa busca posicionar a la pitahaya como un cultivo clave dentro de la agricultura sostenible y de alto valor, promoviendo la adopción de tecnologías modernas que impulsen la competitividad de la producción nacional en mercados internacionales.

Al implementar las prácticas descritas en este manual, los productores no solo lograrán mejorar la calidad y cantidad de su producción, sino que también fortalecerán su resiliencia ante los desafíos del cambio climático y las exigencias del mercado global, construyendo un sector agrícola más sostenible, eficiente y competitivo.

INTRODUCCIÓN

La pitaya (*Hylocereus* spp.), también conocida como fruta del dragón, es una planta originaria de América Central y del Sur que se ha convertido en un cultivo de gran interés a nivel mundial debido a su alta demanda comercial y sus propiedades nutricionales. En particular, el cultivo de pitaya amarilla (*Hylocereus megalanthus*) ha ganado popularidad en mercados especializados debido a su sabor dulce, contenido de antioxidantes y su atractivo valor ornamental.

En las últimas décadas, la necesidad de optimizar la producción agrícola ha llevado al desarrollo de sistemas de indoor farming, especialmente en entornos donde las condiciones climáticas, la disponibilidad de tierra cultivable y el acceso a agua limitan el rendimiento de los cultivos tradicionales. La implementación de sistemas hidropónicos para la producción de pitaya en interiores ofrece un control preciso sobre las condiciones de cultivo, asegurando una producción sostenible y de alta calidad.

La pitaya, conocida como fruta del dragón, es un cultivo exótico, nutritivo y altamente rentable con creciente demanda global



Importancia Económica y Comercial

- La pitaya es una fruta de alto valor comercial debido a su versatilidad en mercados frescos y procesados. Su consumo está asociado con tendencias saludables gracias a su bajo contenido calórico, alto nivel de fibra, vitaminas como la C y antioxidantes. Además, su presentación llamativa, con colores vibrantes y una textura exótica, la convierte en un producto atractivo para consumidores en mercados nacionales e internacionales.
- La creciente demanda de frutas exóticas y la búsqueda de métodos de producción sostenible hacen que el cultivo de pitaya en indoor farming sea una opción estratégica para productores que buscan maximizar el rendimiento y reducir el impacto ambiental. En particular, el cultivo hidropónico en interiores elimina la dependencia de estaciones climáticas, permitiendo la producción constante durante todo el año, lo que asegura un suministro estable para satisfacer las demandas del mercado.

Ventajas de la Producción en Indoor Farming



- El cultivo de pitaya en interiores tiene múltiples beneficios que superan las limitaciones de los métodos tradicionales. Entre ellos, destacan:
- **Sostenibilidad:** Los sistemas hidropónicos reducen el consumo de agua en hasta un 90% en comparación con el cultivo en suelo, al recircular el agua y minimizar las pérdidas. Además, el uso de pesticidas y herbicidas es significativamente menor, lo que disminuye la contaminación ambiental.
- **Producción estable y predecible:** El control total sobre factores como temperatura, luz, humedad y nutrientes permite mantener un flujo constante de producción, independientemente de las condiciones externas. Esto brinda una ventaja competitiva para abastecer mercados exigentes y establecer contratos comerciales a largo plazo.
- **Calidad del fruto:** En un entorno controlado, es posible garantizar un suministro constante de nutrientes en las proporciones óptimas para cada etapa de desarrollo de la planta. Esto se traduce en frutos más grandes, dulces y uniformes, características altamente valoradas en los mercados de exportación.

Contexto Regional

En Panamá, la pitaya se presenta como un cultivo prometedor debido a las condiciones climáticas favorables, como temperaturas cálidas y una humedad adecuada, que permiten su desarrollo en diversas regiones del país. Sin embargo, a pesar de su alto potencial comercial y de exportación, el sector enfrenta importantes desafíos que han limitado su expansión y aprovechamiento.

Dificultades del sector de la pitaya en Panamá:

► Falta de conocimiento técnico:

Muchos productores carecen de acceso a información técnica sobre el manejo adecuado del cultivo, incluyendo sistemas hidropónicos y prácticas modernas de agricultura controlada, lo que limita el rendimiento y la calidad de los frutos.

► Acceso limitado a tecnología e infraestructura:

La implementación de sistemas avanzados como la agricultura en ambiente controlado aún no está ampliamente adoptada debido a los altos costos iniciales y la falta de programas de financiamiento accesibles para pequeños y medianos productores.

► Débil organización del mercado interno:

A pesar del interés creciente en productos exóticos y saludables, como la pitaya, el mercado interno carece de una cadena de suministro organizada que permita una comercialización eficiente y sostenible.

► Problemas fitosanitarios:

El manejo inadecuado de plagas y enfermedades ha afectado los rendimientos del cultivo, principalmente en sistemas tradicionales que carecen de medidas preventivas y correctivas avanzadas.

► Acceso limitado a mercados internacionales:

Aunque la pitaya tiene un alto potencial de exportación, los productores panameños enfrentan barreras como falta de certificaciones de calidad, poca promoción internacional y competencia con países donde el cultivo está más desarrollado.

A pesar de estas dificultades, el cultivo de pitaya en Panamá tiene un futuro prometedor si se logra impulsar la adopción de tecnologías modernas, como los sistemas hidropónicos en ambientes controlados. Estas prácticas no solo mejorarían la calidad y cantidad de la producción, sino que también permitirían a los productores superar las barreras actuales y posicionar a la pitaya panameña en mercados nacionales e internacionales.

Objetivos del Manual

Este manual tiene como objetivo proporcionar una guía práctica y técnica para el cultivo de pitaya en sistemas hidropónicos bajo condiciones de indoor farming. Se abordarán desde los requerimientos básicos de la planta hasta estrategias avanzadas para optimizar la producción y mejorar la rentabilidad. La integración de tecnologías modernas y prácticas sostenibles será un eje central para garantizar un enfoque eficiente y respetuoso con el medio ambiente.

Referencias Bibliográficas

1. FAO. (2021). *The future of food and agriculture – Trends and challenges*. Food and Agriculture Organization of the United Nations.
2. Resh, H. M. (2020). *Hydroponic Food Production: A Definitive Guidebook for the Advanced Home Gardener and the Commercial Hydroponic Grower*. CRC Press.
3. Guía Técnica del Cultivo de Pitahaya (*Hylocereus megalanthus*) en la Región Amazonas. (2024). Ministerio de Agricultura y Riego, Perú.
4. Postharvest Handling of Dragon Fruit (*Hylocereus* spp.). (2020). *Journal of Horticultural Science*.

Características de la Pitaya

- La pitaya es una planta de la familia Cactaceae, ampliamente valorada por su capacidad de adaptación y su potencial comercial. Conocida por su color vibrante y su pulpa jugosa, esta fruta se ha convertido en una opción preferida en mercados frescos y procesados. Su cultivo en sistemas hidropónicos bajo condiciones controladas permite maximizar su rendimiento y calidad, posicionándola como un cultivo estratégico en la agricultura moderna.

La pitaya pertenece a la familia Cactaceae y su metabolismo es del tipo CAM (Metabolismo Ácido de Crasuláceas), lo que le permite realizar la fotosíntesis de manera eficiente en condiciones de baja disponibilidad de agua, cerrando sus estomas durante el día para minimizar la pérdida de humedad y abriéndolos por la noche para absorber dióxido de carbono.



Botánica y Morfología

La planta es trepadora y suculenta, con tallos segmentados que actúan como órganos de fotosíntesis y almacenamiento de agua. Estos tallos son carnosos, ramificados y poseen espinas cortas en sus areolas. Las flores de la pitaya son grandes, blancas y nocturnas, lo que hace que su polinización sea un punto clave en su manejo. Los frutos son de forma ovalada o redondeada, con una piel brillante y un interior lleno de pequeñas semillas comestibles.

Ciclo de Vida y Etapas de Desarrollo

- La pitaya prospera en climas cálidos y bien iluminados. En condiciones controladas, estas necesidades pueden replicarse para optimizar su producción:
- **Temperatura:** Mantener un rango de 20-35 °C garantiza un crecimiento saludable y una fructificación exitosa.
- **Luz:** La planta necesita un fotoperíodo de 12-14 horas, con luz de espectro adecuado para favorecer tanto el crecimiento vegetativo como la floración.
- **Humedad:** Niveles de humedad relativa entre 60% y 80% son ideales, combinados con ventilación adecuada para prevenir enfermedades.

Requerimientos climáticos y ambientales

- La pitaya prospera en climas cálidos y bien iluminados. En condiciones controladas, estas necesidades pueden replicarse para optimizar su producción:
- **Temperatura:** Mantener un rango de 20-35 °C garantiza un crecimiento saludable y una fructificación exitosa.
- **Luz:** La planta necesita un fotoperíodo de 12-14 horas, con luz de espectro adecuado para favorecer tanto el crecimiento vegetativo como la floración.
- **Humedad:** Niveles de humedad relativa entre 60% y 80% son ideales, combinados con ventilación adecuada para prevenir enfermedades.
- **Sustrato:** Materiales como fibra de coco y perlita proporcionan soporte y drenaje, esenciales para el cultivo hidropónico.

Adaptabilidad en Sistemas Hidropónicos

- La pitaya es un cultivo altamente adaptable a entornos controlados, lo que permite a los productores replicar las condiciones ideales de manera consistente. Su hábito trepador se aprovecha mediante sistemas verticales, maximizando el uso del espacio. Además, la capacidad de manipular factores como luz, nutrientes y temperatura garantiza una producción constante y predecible, incluso en regiones con condiciones climáticas adversas.
- Con un manejo adecuado y un enfoque en la calidad, el cultivo de pitaya en sistemas hidropónicos bajo condiciones controladas ofrece una solución sostenible y rentable para satisfacer la creciente demanda global.



Diseño del Sistema hidropónico

- El diseño de un sistema hidropónico para el cultivo de pitaya en ambientes controlados debe considerar las características de la planta y sus necesidades específicas. Al ser una planta trepadora, el sistema debe incluir estructuras de soporte y un diseño modular que permita el crecimiento vertical, optimizando el espacio y garantizando un manejo eficiente

Selección del Sistema hidropónico

El cultivo hidropónico de pitaya ha evolucionado significativamente en los últimos años, adoptando tecnologías avanzadas que permiten un manejo más eficiente y sostenible del cultivo. Entre los distintos métodos disponibles, el **Sistema NGS (New Growing System)** ha emergido como una de las opciones más adecuadas para la producción de pitaya en ambientes controlados, destacándose por su capacidad de optimización del espacio, reducción en el consumo de recursos y mejora en la calidad del fruto. Su estructura innovadora y su eficiencia en la gestión del agua y los nutrientes lo convierten en una alternativa altamente viable para la producción comercial a gran escala.



¿Qué es el Sistema NGS?

El **New Growing System (NGS)** es un sistema hidropónico multibanda diseñado para maximizar la eficiencia en el cultivo de plantas mediante una estructura colgante que permite el crecimiento natural de la pitaya por gravedad. Este sistema se basa en un modelo recirculante de solución nutritiva que garantiza un suministro continuo de agua y nutrientes, optimizando el desarrollo radicular y reduciendo significativamente el desperdicio de insumos agrícolas.

En el cultivo de pitaya, el sistema NGS emplea una estructura de **multibandas suspendidas** situadas sobre una celosía con soportes de aproximadamente **2 metros de altura**. La planta se coloca a esta altura y sus tallos crecen hacia abajo, siguiendo su tendencia natural de crecimiento. Este diseño permite un manejo más eficiente del cultivo al reducir la necesidad de estructuras de soporte adicionales, facilitando la poda, la polinización y la cosecha.

Ventajas del Sistema NGS en el Cultivo de Pitaya

El uso del **Sistema NGS** en la producción hidropónica de pitaya ofrece una serie de beneficios clave que lo diferencian de otros métodos hidropónicos y tradicionales:

1. Optimización del Espacio y Alta Densidad de Plantación



- Gracias a su diseño en altura, el sistema permite una disposición más eficiente de las plantas en el área de cultivo.
- Se pueden establecer hasta **10,000 plantas por hectárea**, lo que maximiza la producción en espacios reducidos.
- La estructura colgante facilita la uniforme a la luz, asegurando una fotosíntesis óptima en todas las partes de la planta.

2. Producción Temprana y Mayor Rendimiento

- A diferencia de los métodos convencionales, el **sistema NGS permite la cosecha en el primer año de producción**, adelantando significativamente la entrada en producción del cultivo.
- Al garantizar una nutrición balanceada y un acceso continuo a la solución nutritiva, se obtiene un crecimiento vigoroso y una mayor cantidad de frutos por planta.

3. Eficiencia en el Uso del Agua y Nutrientes

- Al ser un sistema **recirculante**, el NGS permite un **ahorro de hasta un 90% de agua** en comparación con los cultivos en suelo.
- Reduce significativamente la lixiviación de nutrientes, asegurando que la solución nutritiva permanezca en un ciclo cerrado, optimizando su absorción por las raíces.
- Permite ajustes precisos en la composición de la solución nutritiva en función de las necesidades específicas de la planta en cada etapa de desarrollo.

4. Reducción de Costos en Mano de Obra y Mantenimiento

- La estructura colgante elimina la necesidad de construir sistemas de soporte complejos, reduciendo el costo de materiales y mantenimiento.
- Facilita las labores de poda y formación de la planta, ya que el crecimiento por gravedad favorece una distribución natural de los tallos.
- Disminuye la incidencia de enfermedades fúngicas y plagas asociadas a la humedad retenida en el suelo, reduciendo la necesidad de aplicaciones de agroquímicos y su impacto ambiental.



5. Facilidad de Implementación y Adaptabilidad a Sistemas Indoor

- Puede integrarse fácilmente en invernaderos o estructuras de producción indoor, donde se controlan factores como temperatura, humedad y fotoperíodo.
- Su diseño modular permite su escalabilidad, lo que facilita su implementación tanto en pequeñas como en grandes superficies de cultivo.
- Compatible con la automatización de riego y fertirrigación, lo que mejora la eficiencia del sistema y reduce la dependencia de mano de obra.

Implementación del Sistema NGS en Cultivo de Pitaya

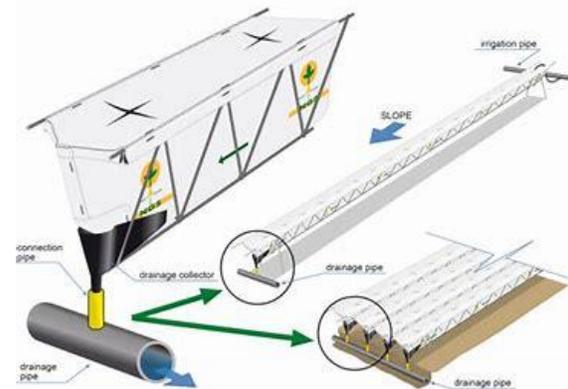
La implementación exitosa del **Sistema NGS** en cultivos hidropónicos de pitaya requiere una planificación adecuada y el cumplimiento de ciertos parámetros técnicos. A continuación, se describen algunos aspectos clave para su correcta aplicación:

1. Infraestructura Necesaria

- Instalación de una estructura de **multibandas suspendidas** sobre una celosía con una altura mínima de **2 metros**.
- Uso de **canales impermeables** diseñados para soportar el flujo de la solución nutritiva sin generar acumulaciones de humedad que puedan favorecer enfermedades radiculares.
- Incorporación de **sensores de monitoreo** para el control automático de la solución nutritiva, asegurando niveles óptimos de pH, conductividad eléctrica (EC) y oxígeno disuelto.

2. Gestión de la Solución Nutritiva

- Implementación de un sistema de recirculación con control de **pH entre 5.5 y 6.5**, asegurando la disponibilidad óptima de nutrientes.
- Ajuste de la **conductividad eléctrica (EC) entre 1.8 y 2.5 mS/cm**, dependiendo de la etapa de desarrollo de la planta.



- Incorporación de **oxigenación constante** en la solución para promover la absorción de nutrientes y evitar el desarrollo de patógenos anaeróbicos.

3. Manejo Agronómico Específico para el Sistema NGS

- **Poda y guiado:** Realizar una poda de despunte cuando los cladodios alcancen **1.40 metros**, lo que favorece la inducción de floración y el desarrollo uniforme de la planta.
- **Polinización:** En cultivos indoor, la polinización manual es esencial para garantizar un alto cuajado de frutos.
- **Cosecha y postcosecha:** Gracias a la estructura colgante, la recolección de los frutos es más sencilla y permite una menor manipulación, preservando su calidad.

El **Sistema NGS (New Growing System)** ha demostrado ser una de las opciones más eficientes para la producción hidropónica de pitaya, gracias a su capacidad de optimizar el espacio, reducir costos de producción y mejorar el rendimiento del cultivo. Su diseño innovador permite una gestión más eficiente del agua y los nutrientes, facilitando la automatización del sistema y asegurando un crecimiento vigoroso de las plantas. Además, su compatibilidad con invernaderos y sistemas de producción indoor lo convierte en una alternativa ideal para la agricultura de precisión y la producción sostenible de frutas de alto valor comercial.

Implementar el sistema NGS en el cultivo de pitaya no solo representa una mejora en la eficiencia productiva, sino que también contribuye a una mayor sustentabilidad del proceso agrícola, alineándose con las tendencias actuales de producción hidropónica y agricultura en ambiente controlado.



Infraestructura y Materiales Necesarios

El éxito del cultivo de pitaya en sistemas hidropónicos depende de una infraestructura adecuada y el uso de materiales que optimicen el rendimiento del cultivo. La correcta selección de los componentes del sistema no solo garantiza un desarrollo saludable de las plantas, sino que también facilita el manejo agronómico y mejora la eficiencia en el uso de recursos. A continuación, se detallan los elementos clave para la implementación de un sistema hidropónico optimizado para pitaya, con énfasis en la utilización del **Sistema NGS (New Growing System)**.

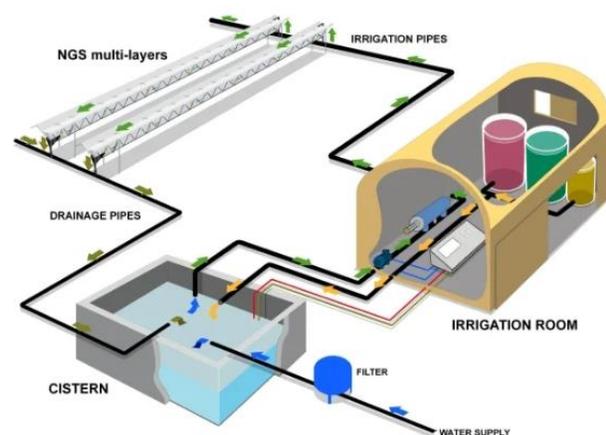
1. Soportes estructurales

El sistema NGS se basa en el uso de **multibandas suspendidas**, por lo que la estructura de soporte es fundamental para garantizar la estabilidad del cultivo y permitir el crecimiento adecuado de los tallos.

- **Materiales recomendados:** Se sugiere el uso de **acero galvanizado, aluminio o PVC reforzado**, debido a su durabilidad y resistencia a la corrosión. Alternativamente, se pueden emplear estructuras de **bambú tratado**, que ofrecen una opción más económica y sostenible.
- **Altura óptima:** Para maximizar la eficiencia del sistema, la estructura debe estar suspendida a una altura de **1.8 a 2.2 metros**, permitiendo que los tallos crezcan colgando sin restricciones.
- **Espaciamiento entre plantas:** Se recomienda una distancia de **1 a 1.5 metros entre cada planta** en el canal de cultivo, asegurando un desarrollo uniforme y una óptima captación de luz.
- **Diseño de las multibandas suspendidas:** Las bandas deben estar fabricadas con **material impermeable y flexible**, con suficiente capacidad para soportar la masa radicular de la planta sin riesgo de obstrucciones en el flujo de la solución nutritiva.

2. Sistema de riego y solución nutritiva

El correcto manejo del riego y la fertilización es esencial en la producción hidropónica de pitaya. En el sistema NGS, el suministro de agua y nutrientes se realiza de manera recirculante para minimizar desperdicios y maximizar la eficiencia en la absorción de minerales.



- **Bombas de agua:** Se deben emplear **bombas de flujo continuo o intermitente**, capaces de mantener un caudal estable y garantizar la correcta oxigenación de la solución nutritiva.
- **Tuberías de calidad alimentaria:** Para evitar la contaminación del sistema, se recomienda el uso de tuberías de **PVC de grado alimenticio o polietileno de alta densidad**, asegurando la distribución uniforme de la solución nutritiva.
- **Tanques de almacenamiento:** Se deben emplear tanques de **polipropileno o fibra de vidrio**, con capacidades ajustadas a la escala del cultivo. Estos deben estar equipados con **sensores de monitoreo de pH y conductividad eléctrica (EC)**, permitiendo ajustes precisos en la composición de la solución nutritiva.
- **Oxigenación del sistema:** Incorporar **aireadores o inyectoros de oxígeno** para mantener niveles de **oxígeno disuelto superiores a 6 mg/L**, evitando problemas de anoxia en la raíz y mejorando la absorción de nutrientes.



3. Sustratos para soporte

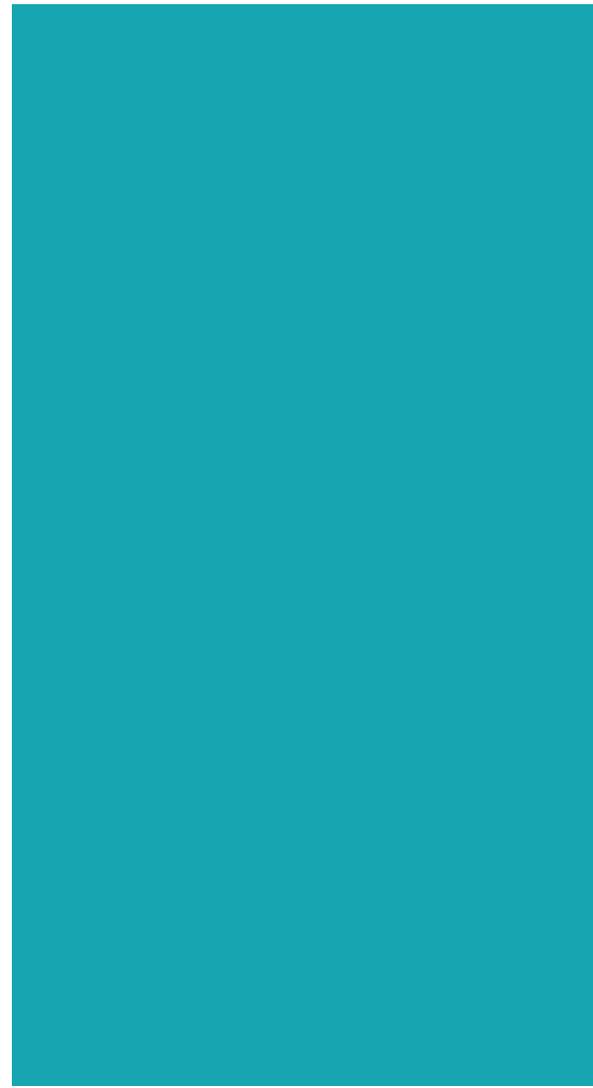
Aunque el sistema NGS es un modelo sin sustrato tradicional, es posible utilizar medios de soporte para mejorar la estabilidad de la planta en su fase inicial de crecimiento.

- **Mezcla recomendada:** Una combinación de **fibra de coco y perlita** es ideal para asegurar un buen drenaje y una retención moderada de humedad.
- **Opciones:** En algunos casos, se pueden utilizar esponjas fenólicas o lana de roca, facilitando la retención de humedad sin riesgo de compactación.
- **Monitoreo de humedad:** Se recomienda el uso de sensores de humedad en la zona radicular para evitar el exceso de riego y optimizar la absorción de nutrientes.

4. Iluminación LED y fotoperíodo

El cultivo de pitaya en sistemas indoor o invernaderos requiere iluminación artificial complementaria para garantizar una floración y fructificación óptimas. La implementación de sistemas de **iluminación LED** permite controlar el fotoperíodo y mejorar la eficiencia en el uso energético.

- **Lámparas LED de espectro ajustable:** Se deben emplear luces con **espectro rojo y azul**, favoreciendo el crecimiento vegetativo y la inducción de floración.



- **Distribución de la iluminación:** La instalación de lámparas debe asegurar una distribución uniforme de la luz, evitando sombras que puedan afectar el desarrollo de las plantas.
- **Fotoperíodo recomendado:** Un régimen lumínico de **12-14 horas diarias** ha demostrado ser óptimo para estimular la floración continua en cultivos de pitaya.
- **Automatización del sistema:** Incorporar **temporizadores programables** permite mantener un control preciso del fotoperíodo y ajustar la intensidad lumínica según la fase fenológica de la planta.

Disposición y Soportes para el Cultivo

- El cultivo de pitaya en indoor farming requiere una disposición que permita el acceso a las plantas para el manejo de poda, polinización y cosecha. Para ello:
- Espaciado: Dejar al menos 1-1.5 metros entre plantas para evitar la competencia por luz y nutrientes.
- Entrenamiento de la planta: Amarrar los tallos a los soportes utilizando bandas elásticas o cintas suaves para evitar daños.
- Estructura modular: Diseñar el sistema de forma que pueda expandirse fácilmente según las necesidades de producción.

Ventilación y Control Climático

- Un buen sistema de ventilación es clave para mantener la humedad y temperatura en rangos óptimos. Esto puede incluir:
- Extractores y ventiladores para mantener el flujo de aire.
- Sistemas de calefacción o refrigeración para regular la temperatura ambiente.
- Humidificadores o deshumidificadores según las condiciones locales.

Consideraciones Generales

- El diseño debe ser eficiente, sostenible y adaptable. Incorporar tecnologías como sensores IoT para monitorear parámetros en tiempo real puede mejorar la gestión del sistema y optimizar el rendimiento del cultivo. Además, es esencial garantizar un drenaje adecuado para evitar el exceso de agua en el sistema, lo que podría generar problemas de enfermedades radiculares.



4. Manejo del Cultivo

1. Preparación Inicial y Establecimiento del Cultivo

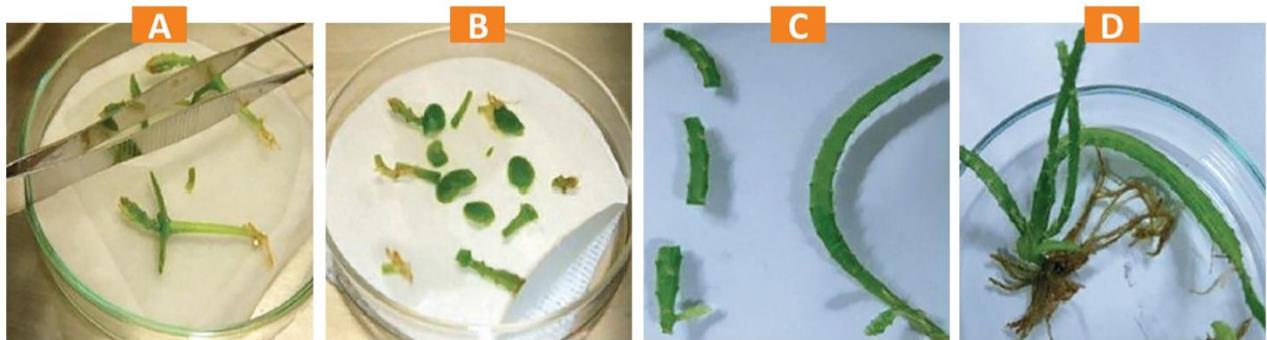
El éxito del cultivo hidropónico de pitahaya depende de una adecuada preparación inicial y del correcto establecimiento de las plantas. A continuación, se describen los pasos clave para asegurar un inicio sólido.

Selección de Esquejes

La calidad del material de propagación es crucial para garantizar uniformidad y altos rendimientos.

- **Criterios de selección:**
 - Esquejes sanos, sin daños mecánicos ni presencia de plagas o enfermedades.
 - Preferiblemente de tallos jóvenes, con un grosor mínimo de 3-4 cm.
- **Preparación de esquejes:**
 - Cortar esquejes de 20-30 cm de longitud.
 - Secar los cortes en sombra durante 3-5 días para evitar infecciones.

Métodos de Propagación



- **Propagación por esquejes:**
 - Es el método más eficiente para la pitaya.
 - Plantar los esquejes en sustratos como fibra de coco y perlita, manteniendo una humedad constante.
 - Proveer una temperatura de 20-30 °C y ventilación adecuada.

Trasplante

- Realizar el trasplante una vez que los esquejes hayan desarrollado raíces visibles (15-30 días).
- Colocar las plantas en el sistema hidropónico, asegurando que las raíces estén en contacto con la solución nutritiva.

Espaciamiento y Disposición

- Espaciar las plantas a 1-1.5 metros para evitar competencia y permitir un desarrollo óptimo de los tallos.
- Diseñar la disposición en hileras o niveles, dependiendo del sistema hidropónico (horizontal o vertical).

2. Manejo Hídrico y Solución Nutritiva

El manejo de la nutrición en el cultivo hidropónico de pitaya es un aspecto determinante para garantizar un desarrollo vigoroso, una floración abundante y una fructificación de alta calidad. En el **Sistema NGS**, la administración precisa de nutrientes y el equilibrio adecuado de la solución nutritiva juegan un papel clave en la eficiencia del sistema y en la sostenibilidad del cultivo.

El diseño de un programa de fertirriego debe ajustarse a las necesidades fisiológicas de la pitaya en cada fase de su crecimiento. La correcta formulación y distribución de los fertilizantes en los diferentes tanques de inyección permite optimizar la absorción de nutrientes y minimizar pérdidas, asegurando un entorno radicular estable y productivo.

Dosis de Fertirriego en el Sistema NGS

En proyectos específicos como de pitayas hidroponicas en sistemas **NGS**, se han establecido soluciones concentradas que se diluyen 100 veces en 100 litros del tanque, con una inyección al 50% en cada depósito de fertirriego. La distribución de los nutrientes en los distintos tanques se detalla a continuación:

Fertilizante	Tanque A	Tanque B	Tanque C	Tanque D
Nitrato de calcio	7 kg	-	-	-
Nitrato de magnesio	5.7 kg	-	-	-
Fosfato monopotásico	-	5.4 kg	-	-
Sulfato de potasio	-	5.2 kg	-	-
Nitrato de potasio	-	-	5 kg	-
Nitrato de amonio	-	-	1.6 kg	-
Microelementos	-	-	-	0.35 kg

Ajustes según la Etapa de Desarrollo

El suministro de nutrientes varía en función del estado fenológico de la pitaya, con ajustes específicos para garantizar un crecimiento equilibrado y una óptima producción de frutos:

- **Etapa vegetativa:**
 - Se prioriza el aporte de **nitrógeno (N)**, necesario para la formación de tallos y raíces.

- Relación N:P:K recomendada: **3:1:2**.
- **Etapas de floración y fructificación:**
 - Se incrementan los niveles de **fósforo (P)** y **potasio (K)**, esenciales para la inducción floral y el llenado de los frutos.
 - Relación N:P:K recomendada: **1:2:4**.

Preparación y Manejo de la Solución Nutritiva

Para garantizar la disponibilidad de los nutrientes y evitar desequilibrios en la absorción, es fundamental seguir un protocolo riguroso en la preparación y aplicación de la solución nutritiva:

1. Preparación:

- Disolver los fertilizantes en agua desmineralizada para evitar interferencias con sales no deseadas.
- Ajustar el **pH** entre **5.5 y 6.5**, asegurando una óptima disponibilidad de nutrientes.
- Mantener la **conductividad eléctrica (EC)** dentro de los rangos óptimos:
 - **Fase vegetativa:** 1.8-2.0 mS/cm
 - **Fase de fructificación:** 2.3-2.5 mS/cm

2. Frecuencia de aplicación:

- Implementar un programa de riego de **30 minutos cada 4 días**, ajustando según la demanda hídrica de la planta.
- Mantener una recirculación constante o a intervalos regulares según las necesidades del sistema hidropónico.
- Renovar completamente la solución nutritiva cada **2-3 semanas** para prevenir acumulaciones de sales y optimizar la absorción de minerales.

Monitoreo y Calidad de la Solución Nutritiva

El monitoreo continuo de la solución nutritiva permite realizar ajustes en tiempo real y evitar deficiencias o toxicidades que puedan comprometer la producción. Algunos de los parámetros clave incluyen:

- **pH:** Se recomienda el uso de sensores electrónicos para realizar mediciones frecuentes y ajustes inmediatos.
- **Conductividad eléctrica (EC):** Un control adecuado garantiza que la concentración de nutrientes sea óptima para la absorción radicular.
- **Oxígeno disuelto:** Se deben mantener niveles superiores a **6 mg/L** mediante aireación o inyección de oxígeno en el sistema de riego.
- **Parámetros en el gotero:**
 - **CE:** 3.5 ds/m

- **pH:** 6.8

Ajustes según las Condiciones del Cultivo

Cada sistema de producción puede requerir ajustes en la nutrición según las condiciones ambientales y la respuesta de la planta:

- **Deficiencias nutricionales:**
 - **Amarillamiento de los tallos:** Indica una posible deficiencia de **nitrógeno**, que puede corregirse aumentando su concentración en la solución nutritiva.
 - **Baja floración:** Se debe incrementar la cantidad de **fósforo y potasio** para estimular la producción de flores y frutos.
- **Evitar excesos:**
 - Un suministro excesivo de **nitrógeno** en la fase de fructificación puede favorecer un crecimiento vegetativo desproporcionado en detrimento de la calidad de los frutos.

Sostenibilidad y Optimización del Uso de Nutrientes

Para mejorar la eficiencia en el uso de insumos y reducir el impacto ambiental, es recomendable implementar estrategias de sostenibilidad:

1. **Recirculación de la solución nutritiva:**
 - Un sistema de recirculación bien gestionado minimiza el desperdicio de agua y fertilizantes.
 - La integración de filtros y sensores permite monitorear la concentración de nutrientes y reponer únicamente lo necesario.
2. **Automatización del fertirriego:**
 - La instalación de sensores IoT facilita el monitoreo en tiempo real de los parámetros de la solución nutritiva, permitiendo ajustes automáticos según la demanda de la planta.
 - Los sistemas de control remoto optimizan la eficiencia operativa y reducen el margen de error en la dosificación de nutrientes.

El manejo de la nutrición en sistemas hidropónicos de pitaya no solo implica la correcta formulación de la solución nutritiva, sino también su aplicación estratégica a lo largo del ciclo productivo. Un esquema de fertirriego bien diseñado, como el utilizado en **NGS Pitaya Honduras**, garantiza una absorción eficiente de nutrientes, optimiza los recursos y mejora la calidad del fruto.

La combinación de **ajustes nutricionales específicos**, **monitoreo constante** y **tecnologías de automatización** convierte al **Sistema NGS** en una alternativa altamente eficiente y sostenible para la producción de pitaya en condiciones controladas.

4. Manejo de la Luz Artificial en el Cultivo de Pitaya en Ambientes Controlados



El uso de iluminación artificial en el cultivo de pitaya en sistemas hidropónicos es clave para optimizar su crecimiento y producción en ambientes controlados. Al tratarse de una planta con un ciclo biológico influenciado por la luz, el manejo adecuado del fotoperíodo y la intensidad lumínica permite mejorar la floración, el desarrollo de frutos y la eficiencia general del cultivo.

Importancia del Fotoperíodo en la Pitaya

El fotoperíodo, es decir, la cantidad de horas de luz diaria que recibe la planta, juega un papel crucial en la inducción floral y la formación de frutos. En la naturaleza, la pitaya responde a los cambios de estación regulando su floración, pero en sistemas hidropónicos controlados, se pueden recrear estas condiciones para garantizar una producción constante y uniforme a lo largo del año.

Se ha observado que un fotoperíodo de **12 a 14 horas diarias** es ideal para estimular la floración y la producción de frutos. Mantener un equilibrio entre luz y oscuridad es esencial, ya que la pitaya, como muchas otras plantas, requiere un período de descanso nocturno para regular sus procesos metabólicos. Una iluminación descontrolada o continua puede afectar su desarrollo y reducir la calidad de la producción.

Configuración del Fotoperíodo en Ambientes Controlados

Para garantizar condiciones óptimas, se recomienda establecer los siguientes ciclos de luz según la fase de desarrollo:

- **Fase vegetativa: 10-12 horas de luz diaria**, fomentando un crecimiento estructural fuerte y la formación de nuevos tallos.
- **Inducción floral y fructificación: 12-14 horas de luz diaria**, favoreciendo la producción de flores y frutos.
- **Período nocturno:** Es imprescindible asegurar una oscuridad total en el intervalo de descanso para evitar interrupciones en los procesos fisiológicos de la planta.

Distribución e Intensidad de la Luz

La intensidad lumínica óptima para la pitaya en cultivo hidropónico oscila entre **250 y 350 $\mu\text{mol}/\text{m}^2/\text{s}$** . Una luz insuficiente puede ralentizar el crecimiento y afectar la floración, mientras que una sobreexposición puede generar estrés y afectar la fisiología de la planta.

Para asegurar una iluminación homogénea:

- Se recomienda la instalación de **reflectores y luminarias ajustables** para maximizar la eficiencia de la luz sin generar acumulaciones de calor.
- Es importante distribuir las fuentes de luz de manera equitativa, evitando zonas de sombra que puedan limitar la fotosíntesis en ciertas partes de la planta.
- Sensores de intensidad lumínica pueden ser útiles para monitorear y ajustar la iluminación en tiempo real, optimizando el consumo energético y el rendimiento del cultivo.

Uso de Luz LED en el Cultivo de Pitaya

El uso de tecnología LED en la iluminación artificial ha demostrado ser altamente eficiente en el cultivo de pitaya en sistemas hidropónicos. En comparación con otras opciones como lámparas de sodio de alta presión (HPS) o fluorescentes, las luces LED ofrecen mayor eficiencia energética, menor emisión de calor y un control preciso del espectro lumínico, lo que las convierte en la mejor alternativa para optimizar la producción en ambiente controlado.

Ventajas del Uso de Luz LED

- **Eficiencia energética:** Consumen hasta un 60% menos electricidad en comparación con otros tipos de iluminación.
- **Espectro ajustable:** Se pueden configurar para emitir luz en los rangos ideales para cada etapa del cultivo.
- **Menor emisión de calor:** Reduce el riesgo de estrés térmico en las plantas y evita un consumo excesivo de agua.
- **Mayor vida útil:** Tienen una durabilidad de hasta 50,000 horas, lo que reduce los costos de mantenimiento.
- **Sostenibilidad:** Al requerir menor consumo energético, contribuyen a reducir el impacto ambiental de la producción.

Espectro Lumínico Recomendado para la Pitaya

El tipo de luz utilizado afecta directamente la fisiología de la planta. Para un cultivo óptimo, se recomienda:

- **Luz azul (400-500 nm):** Favorece el crecimiento vegetativo y la producción de clorofila.
- **Luz roja (600-700 nm):** Estimula la floración y la maduración de los frutos.
- **Luz roja lejana (700-750 nm):** Ayuda a la elongación celular y mejora el tamaño y uniformidad de los frutos.

Ajustando estos espectros según la etapa de desarrollo, se pueden maximizar los rendimientos del cultivo y asegurar frutos de alta calidad.

Implementación de Iluminación LED en Ambientes Controlados

Para una correcta aplicación de la luz LED en sistemas de cultivo hidropónico:

- Se recomienda el uso de **LED de espectro completo**, con una intensidad de **250-350 $\mu\text{mol}/\text{m}^2/\text{s}$** .
- Las luminarias deben distribuirse estratégicamente para proporcionar luz uniforme en toda la superficie de cultivo.
- Es ideal contar con un **sistema de regulación del fotoperíodo**, que permita ajustar los ciclos de luz automáticamente según las necesidades de la planta.
- Integrar la iluminación con **sensores de monitoreo**, que permitan adaptar la intensidad y el espectro de la luz en tiempo real según las condiciones del cultivo.

El manejo de la luz artificial en cultivos hidropónicos de pitaya permite un control preciso del crecimiento y la floración, asegurando una producción continua y de alta calidad. La implementación de sistemas LED con espectro ajustable, combinada con una adecuada configuración del fotoperíodo, optimiza la eficiencia del sistema y contribuye a la sostenibilidad de la producción. Adaptar la iluminación a las necesidades específicas del cultivo no solo mejora la calidad de los frutos, sino que también reduce costos y maximiza el rendimiento del sistema hidropónico.

5. Poda y Guiado de las Plantas

El manejo adecuado de la poda y el guiado de la pitaya en sistemas hidropónicos es esencial para optimizar su desarrollo y productividad. Estas prácticas permiten dirigir el crecimiento de la planta de manera controlada, mejorando su ventilación, exposición a la luz y distribución de nutrientes. Además, un buen manejo de la estructura de la planta facilita las labores de cosecha y reduce la incidencia de plagas y enfermedades.

Tipos de Poda

La poda es una herramienta clave para moldear el crecimiento de la pitaya y promover su regeneración constante. Se pueden distinguir tres tipos principales de poda, cada una con un propósito específico:

1. Poda de Formación

Esta poda se realiza en las primeras etapas del cultivo con el objetivo de establecer una estructura fuerte y bien distribuida.

- Se seleccionan entre **tres y cinco tallos principales** que servirán como base estructural de la planta.
- Se eliminan tallos débiles, mal posicionados o aquellos que crecen de manera desordenada para asegurar una distribución uniforme de los recursos.
- Se guía el crecimiento inicial para evitar un desarrollo descontrolado y facilitar futuras podas de mantenimiento.

2. Poda de Mantenimiento

A lo largo del ciclo productivo, es importante realizar cortes regulares para conservar la estructura de la planta y prevenir problemas sanitarios.

- Se eliminan **tallos viejos, secos o dañados**, así como aquellos afectados por plagas o enfermedades.
- Se favorece una mejor circulación de aire entre los tallos, reduciendo la humedad y el riesgo de infecciones fúngicas.
- Se controla el crecimiento excesivo para evitar competencia entre tallos y mejorar la eficiencia en la absorción de luz y nutrientes.

3. Poda de Renovación

Una vez concluida la cosecha, se lleva a cabo una poda de regeneración para estimular la producción de nuevos brotes fructíferos.

- Se eliminan los **tallos que han producido frutos**, ya que su capacidad productiva disminuye en los siguientes ciclos.
- Se incentiva el desarrollo de **brotes jóvenes y vigorosos**, garantizando una renovación constante del cultivo.
- Esta poda permite mantener la productividad del sistema a largo plazo, evitando el agotamiento de la planta.

Técnicas de Guiado y Uso de Estructuras de Soporte

El guiado adecuado de los tallos es fundamental para optimizar el uso del espacio y facilitar el manejo del cultivo. En sistemas hidropónicos, la pitaya se adapta bien tanto a soportes verticales como a estructuras suspendidas.

1. Estructuras de Soporte

El uso de soportes resistentes permite mantener un crecimiento ordenado y estable.

- Se recomienda el uso de **postes, cuerdas o mallas verticales** para entrenar los tallos de manera eficiente.
- En sistemas de producción intensiva, se pueden emplear estructuras suspendidas para facilitar la cosecha y reducir la necesidad de poda frecuente.
- Los soportes deben ser lo suficientemente resistentes para soportar el peso de la planta y los frutos sin comprometer la estabilidad del sistema.

2. Métodos de Guiado

El entrenamiento de los tallos mejora la eficiencia del cultivo y evita enredos o competencia innecesaria entre las plantas.

- Se sujetan los tallos a las estructuras mediante **cintas, bandas elásticas o amarres suaves**, evitando daños mecánicos.
- Se prioriza una distribución equilibrada de los tallos para **maximizar la captación de luz y optimizar la fotosíntesis**.
- En sistemas con mayor densidad de plantas, se entrena el crecimiento de los tallos de forma **descendente o lateral**, favoreciendo la eficiencia en el uso del espacio.

3. Optimización del Espacio

- En **sistemas verticales**, los tallos se guían para crecer hacia abajo o de forma controlada, lo que permite aprovechar mejor el área disponible y facilita la recolección de frutos.
- En **sistemas horizontales**, el crecimiento lateral se regula para evitar la competencia entre plantas y mejorar la distribución de luz y aire.
- En modelos suspendidos, como el **Sistema NGS**, el guiado se orienta a fomentar un crecimiento ordenado y facilitar el mantenimiento del cultivo.

Frecuencia y Herramientas Recomendadas

El éxito de la poda y el guiado depende de su correcta ejecución y periodicidad.

- Se recomienda realizar **podas periódicas cada 1-2 meses**, ajustando la frecuencia según el crecimiento de la planta y su estado sanitario.
- Es fundamental utilizar **herramientas desinfectadas** (tijeras de poda, cuchillas afiladas) para evitar la transmisión de enfermedades y garantizar cortes limpios y precisos.
- Tras cada poda, se puede aplicar un tratamiento con fungicidas orgánicos o cicatrizantes naturales para reducir el riesgo de infecciones en los cortes abiertos.

Beneficios del Manejo de Poda y Guiado

Un programa adecuado de poda y guiado ofrece múltiples ventajas para la producción hidropónica de pitaya:

1. **Aumento en la productividad:** Dirigir los recursos de la planta hacia tallos sanos y productivos mejora la producción de frutos.
2. **Mejor circulación de aire:** La poda y el guiado reducen la acumulación de humedad y previenen enfermedades fúngicas.
3. **Optimización de la luz:** Una estructura bien distribuida maximiza la captación de luz, impulsando la fotosíntesis y el crecimiento.
4. **Facilita la cosecha:** Un crecimiento ordenado y guiado permite acceder fácilmente a los frutos y realizar labores de mantenimiento con mayor eficiencia.

En conclusión, la poda y el guiado son herramientas clave para mejorar la calidad del cultivo de pitaya en sistemas hidropónicos. Un manejo estratégico de estas prácticas permite mantener plantas vigorosas, reducir problemas fitosanitarios y garantizar una producción estable y rentable a lo largo del tiempo.

6. Inducción de Floración y Polinización

La floración y la polinización representan momentos clave en el desarrollo de la pitahaya, ya que influyen directamente en la cantidad y calidad de los frutos cosechados. En sistemas hidropónicos bajo condiciones controladas, estos procesos pueden ser optimizados mediante la gestión adecuada de factores ambientales y nutricionales, asegurando así un rendimiento estable y homogéneo a lo largo del tiempo.

Inducción de la Floración

Para inducir la floración de manera efectiva, es necesario un control riguroso de ciertos parámetros ambientales y nutricionales, que en conjunto crean las condiciones óptimas para el desarrollo floral.

- **Fotoperíodo:** La pitahaya responde a la duración de la luz, por lo que se recomienda un régimen de **12-14 horas diarias** utilizando iluminación LED de espectro ajustable. La luz roja es particularmente eficaz para estimular la floración, ya que activa fitohormonas clave en el proceso reproductivo de la planta. En cultivos indoor, este control permite eliminar las barreras estacionales y mantener una producción estable.
- **Temperatura:** Mantener un rango térmico de **25-30 °C** durante el día y evitar temperaturas inferiores a **18 °C** por la noche es esencial para garantizar la viabilidad floral. Fluctuaciones extremas pueden afectar la fecundación y provocar la caída de flores antes de que ocurra el cuajado del fruto. Para minimizar este riesgo, se recomienda el uso de ventilación controlada y, en caso necesario, calefactores o sistemas de enfriamiento.
- **Nutrición:** Durante la etapa de floración, es fundamental ajustar la solución nutritiva para favorecer la producción de flores viables. Un adecuado suministro de **fósforo (P)** y **potasio (K)** es crucial, ya que estos elementos favorecen el desarrollo floral y el crecimiento del fruto. Además, micronutrientes como **boro (B)** y **zinc (Zn)** deben estar presentes en concentraciones adecuadas, pues juegan un papel determinante en la formación de los órganos reproductivos. Mantener un equilibrio entre nitrógeno (N) y los demás nutrientes es clave, evitando excesos que favorezcan un crecimiento vegetativo en detrimento de la floración.
- **Humedad Relativa:** Mantener niveles entre **60-80%** ayuda a prevenir el estrés en las flores y favorece una polinización más eficiente. Sin embargo, una humedad excesiva puede propiciar la proliferación de hongos en las estructuras florales, reduciendo la viabilidad del polen y afectando el cuajado de frutos.

Métodos de Polinización



La polinización es un proceso indispensable para la producción de frutos viables en la pitahaya. En sistemas indoor, donde no se cuenta con polinizadores naturales, es necesario recurrir a métodos alternativos que aseguren la fecundación de las flores.

- **Autopolinización:** Algunas variedades de pitahaya han sido mejoradas genéticamente para autopolinizarse, eliminando la necesidad de intervención externa. Un claro ejemplo de ello es la **pitahaya roja-roja**, cuyo alto índice de cuajado la convierte en una opción eficiente para cultivos

hidropónicos. En estos casos, la planta produce frutos sin la necesidad de transferencia manual de polen, lo que simplifica el manejo y permite una producción continua y uniforme. No obstante, se recomienda monitorear la tasa de cuajado en cada lote de cultivo para evaluar su efectividad en distintas condiciones.

- **Polinización Cruzada:** Este método consiste en la transferencia de polen entre flores de diferentes plantas con el fin de mejorar la calidad y el tamaño de los frutos. En cultivos tradicionales, esta tarea es realizada por polinizadores naturales como abejas, murciélagos y colibríes. Sin embargo, en sistemas indoor, la polinización cruzada manual es una alternativa viable. Para ello, se recolecta el polen de una planta con un pincel y se aplica en la flor de otra planta compatible. Este método es especialmente útil en variedades con baja capacidad de autopolinización, ya que contribuye significativamente a mejorar la tasa de cuajado y la uniformidad de los frutos.
- **Polinización Manual:** En cultivos bajo condiciones controladas, donde no se dispone de polinizadores naturales, la polinización manual se convierte en una estrategia esencial. Este procedimiento se realiza con **pinceles suaves o hisopos**, transfiriendo el polen de una flor a otra dentro de la misma planta o entre diferentes plantas. Para obtener mejores resultados, la polinización debe llevarse a cabo **de noche o en las primeras horas de la mañana**, ya que las flores de la pitahaya son nocturnas y permanecen abiertas por un tiempo limitado. Para garantizar su eficacia, se recomienda recolectar el polen en la noche y almacenarlo a temperaturas frescas hasta su aplicación. En cultivos de gran escala, el uso de dispositivos mecánicos puede facilitar el proceso sin afectar la estructura floral, asegurando una mayor eficiencia en la fecundación de las flores.

Monitoreo del Cuajado de Frutos

El éxito de la polinización se refleja en la formación de frutos dentro de los **2-3 días posteriores** al proceso. Si la tasa de cuajado es baja, se recomienda revisar los factores ambientales y ajustar los métodos de polinización según sea necesario. En sistemas hidropónicos, el monitoreo continuo de la floración y el cuajado de frutos es clave para mantener la estabilidad productiva.



Beneficios de un Manejo Eficiente de la Floración y Polinización

Un control preciso de estos procesos tiene un impacto directo en la productividad y la rentabilidad del cultivo. Entre los principales beneficios se incluyen:

- **Mayor rendimiento**, asegurando un número elevado de frutos en cada ciclo de producción.
- **Frutos de mejor calidad**, con mayor tamaño, mejor contenido de azúcar y apariencia más uniforme.
- **Consistencia en la producción**, eliminando la dependencia de factores estacionales y garantizando un abastecimiento continuo.
- **Optimización del sistema hidropónico**, minimizando pérdidas de flores no fecundadas y maximizando el uso eficiente de los recursos disponibles.

El manejo adecuado de la floración y polinización en sistemas hidropónicos bajo ambiente controlado es esencial para garantizar una producción sostenible y de alto valor comercial. La combinación de técnicas de iluminación, nutrición equilibrada y métodos de polinización adecuados permite obtener cosechas constantes y frutos de calidad superior.

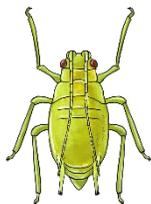
7. Manejo de Plagas y Enfermedades

El manejo adecuado de plagas y enfermedades en sistemas hidropónicos bajo condiciones controladas es esencial para garantizar una producción eficiente y sostenible de pitaya. Aunque el cultivo en ambiente cerrado reduce la incidencia de plagas en comparación con sistemas tradicionales a campo abierto, ciertos organismos pueden adaptarse y representar un riesgo significativo para la salud de las plantas. Por esta razón, se deben implementar estrategias preventivas, así como medidas de control biológico y correctivo para evitar pérdidas en el rendimiento del cultivo.

Principales Plagas

Las plagas que afectan a la pitaya en cultivos hidropónicos suelen ser insectos succionadores y ácaros, que interfieren con el desarrollo normal de la planta y pueden facilitar la propagación de enfermedades. A continuación, se describen algunas de las plagas más comunes y sus métodos de control:

- **Pulgones (*Aphididae*)**



Pequeños insectos que se alimentan de la savia de los tejidos jóvenes, provocando deformación en los brotes y afectando el crecimiento de la planta. Además, secretan melaza, lo que favorece la proliferación de hongos como la fumagina.

- **Control biológico:** Uso de mariquitas (*Coccinellidae*) y crisopas (*Chrysoperla carnea*), que son depredadores naturales de los pulgones.
- **Medidas preventivas:** Inspección regular de las plantas y eliminación manual de brotes infestados en los primeros estadios de la plaga.

- **Trips (*Thripidae*)**

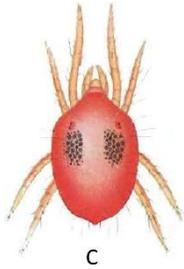


Pequeños insectos que perforan las células de las hojas y frutos, provocando manchas plateadas y deformaciones. También pueden ser vectores de virus.

- *Control biológico:* Uso de ácaros depredadores como *Amblyseius cucumeris*, que ayudan a reducir la población de trips.

- *Manejo ambiental:* Evitar el exceso de humedad y garantizar una adecuada ventilación para impedir su proliferación.

- **Araña roja (*Tetranychus urticae*)**



Ácaros diminutos que forman finas telarañas en la parte inferior de las hojas y causan manchas amarillas, debilitando la planta.

- *Control biológico:* Liberación de *Phytoseiulus persimilis*, un ácaro depredador altamente efectivo contra esta plaga.

- *Medidas preventivas:* Mantener niveles de humedad relativa por encima del 60% para dificultar su proliferación y evitar condiciones secas que favorezcan su desarrollo.

Enfermedades Comunes

Las enfermedades en cultivos hidropónicos suelen estar asociadas con hongos y bacterias, especialmente en condiciones de alta humedad y mal manejo del riego. Algunas de las más frecuentes en la pitaya son:

- **Antracnosis (*Colletotrichum spp.*)**

Se manifiesta como manchas oscuras en los frutos y tallos, que con el tiempo pueden evolucionar a lesiones hundidas y pudrición.

- *Prevención:* Mantener una buena ventilación y evitar el exceso de humedad en el ambiente.

- *Control biológico:* Aplicación de extractos naturales antifúngicos o fungicidas biológicos a base de cobre en casos severos.

- **Pudrición de raíces (*Fusarium spp.*)**

Enfermedad causada por hongos del suelo que provoca amarillamiento de los tallos, reducción del crecimiento y, en casos avanzados, la muerte de la planta.

- *Control biológico:* Introducción de *Trichoderma spp.*, un hongo antagonista que protege las raíces de infecciones patógenas.

- *Manejo del sistema hidropónico:* Mantener el nivel de oxígeno disuelto en el agua por encima de **6 mg/L** y evitar acumulaciones de humedad o encharcamientos que favorezcan la proliferación del hongo.

Estrategias Preventivas

La prevención es la mejor estrategia para minimizar los riesgos de plagas y enfermedades en el cultivo de pitaya. Implementar medidas de control temprano permite reducir el impacto de posibles infecciones y evitar pérdidas en la producción. Algunas estrategias clave incluyen:

- **Monitoreo constante:** Inspeccionar las plantas regularmente para detectar signos tempranos de plagas o enfermedades y actuar de manera oportuna.
- **Barreras físicas:** Instalar mallas antiinsectos en las entradas de aire y en los puntos de acceso al cultivo para evitar la introducción de plagas externas.
- **Limpieza y desinfección:** Esterilizar herramientas y superficies de trabajo antes de cada ciclo de cultivo para reducir la acumulación de patógenos.
- **Rotación de cultivos:** Aunque la pitaya es un cultivo perenne, alternar con otras especies en módulos específicos puede ayudar a reducir la presión de plagas y minimizar la propagación de enfermedades.

Manejo Integrado de Plagas y Enfermedades

El enfoque de manejo integrado de plagas (MIP) es una estrategia que combina diversas técnicas para reducir la dependencia de productos químicos y mantener un equilibrio sostenible en el ecosistema del cultivo.

- **Control biológico:** Priorizar la introducción de insectos benéficos y microorganismos antagonistas que reduzcan la presencia de plagas y patógenos sin afectar el medio ambiente.
- **Prácticas culturales:** Ajustar el riego, la nutrición y la poda para minimizar las condiciones favorables para plagas y enfermedades.
- **Uso racional de agroquímicos:** En casos donde sea necesario el uso de pesticidas o fungicidas, asegurarse de que sean específicos para cultivos hidropónicos y aplicarlos en dosis controladas.

El Ambiente Controlado como Barrera Natural

El cultivo en sistemas hidropónicos indoor ofrece una ventaja significativa al reducir la exposición del cultivo a plagas y enfermedades externas. Sin embargo, el mantenimiento de un entorno controlado requiere una supervisión constante de variables ambientales clave para evitar la proliferación de organismos no deseados.



- Mantener una temperatura y humedad relativa adecuadas para minimizar la presencia de patógenos.
- Optimizar la ventilación para evitar la acumulación de esporas y mejorar la resistencia de las plantas.
- Implementar sensores y monitoreo en tiempo real para detectar cambios en las condiciones ambientales y responder de manera eficiente.

En conclusión, el manejo adecuado de plagas y enfermedades en la producción hidropónica de pitaya no solo protege la sanidad del cultivo, sino que también impacta en la calidad y rentabilidad de la producción. La combinación de estrategias preventivas, monitoreo constante y control integrado garantiza un sistema de cultivo saludable y altamente productivo.

