

# TecnoAgro

Tecnologías para Mejorar la Producción y  
la Productividad Agropecuaria

## Diplomado en Producción **SOSTENIBLE DE HORTALIZAS**

DIPLOMADO PRODUCCIÓN SOSTENIBLE DE  
HORTALIZAS

TEMA 4: Producción de plántulas de  
calidad



## INTRODUCCIÓN

### **Importancia estratégica de la producción de plántulas**

La producción de plántulas para cultivos hortícolas ha cambiado significativamente en los últimos años. Antes se realizaba de forma más artesanal y dependía en gran medida de las condiciones propias de cada lugar. En la actualidad, se utilizan técnicas y conocimientos especializados que permiten controlar mejor las condiciones de producción, prevenir enfermedades y obtener plantas más sanas y uniformes.

Este cambio responde a la necesidad de contar con sistemas de producción más eficientes que garanticen plántulas fuertes, saludables y con un buen desarrollo desde sus primeras etapas. Una plántula de buena calidad tiene mayores posibilidades de adaptarse después del trasplante, crecer de forma vigorosa y alcanzar un mejor rendimiento durante todo el ciclo del cultivo. Además, influye en aspectos importantes como la uniformidad de la producción, la rapidez con que se desarrolla el cultivo y su capacidad para enfrentar condiciones ambientales desfavorables.

En términos generales, una plántula de calidad es aquella que está libre de plagas y enfermedades, posee un sistema de raíces bien desarrollado, presenta hojas sanas y tiene la capacidad de sobrevivir y establecerse con éxito después del trasplante. Estas características permiten que la planta continúe su crecimiento con normalidad y aproveche mejor los recursos disponibles.

## El sistema de producción en bandejas

La producción de plántulas en bandejas se ha convertido en el método más utilizado para el establecimiento de cultivos hortícolas. Este sistema permite obtener plantas de mejor calidad y facilita el proceso de trasplante, ya que reduce el daño a las raíces, mejora la uniformidad de las plantas, favorece un establecimiento más rápido en el campo y puede contribuir a incrementar la producción.

Además, el uso de bandejas disminuye la necesidad de mano de obra durante el trasplante, optimiza el espacio disponible en los viveros y facilita el uso de equipos para la siembra y el trasplante. Sin embargo, requiere una planificación más cuidadosa, un manejo técnico adecuado y personal capacitado para garantizar buenos resultados.

La decisión de producir las plántulas en la propia finca o adquirirlas de un vivero especializado dependerá de factores como la cantidad de plantas que se necesitan, los costos de producción, la disponibilidad de personal con experiencia y la infraestructura requerida. En muchos casos, la compra de plántulas a productores especializados resulta una alternativa más práctica y rentable, especialmente cuando la producción no es a gran escala.

## Factores determinantes de la calidad de la plántula

El desarrollo de una plántula de calidad depende de múltiples factores interrelacionados que deben ser gestionados de manera integral:

1. **Tamaño del contenedor y volumen del sustrato:** El tamaño de la cavidad donde crece la plántula influye en el desarrollo de sus raíces y en su crecimiento. Los contenedores más grandes suelen producir plantas más vigorosas, aunque los más pequeños permiten producir un mayor número de plántulas y reducir costos.
2. **Sustrato y sus propiedades físico-químicas:** El sustrato debe retener suficiente agua y, al mismo tiempo, permitir una buena circulación de aire. Estas características favorecen el desarrollo de las raíces y el crecimiento saludable de las plántulas

- 3. Nutrición:** La fertilización debe iniciarse desde los primeros días después de la emergencia de las plántulas. Es recomendable aumentar gradualmente la concentración de nutrientes conforme avanza su crecimiento, para fortalecer su desarrollo y reducir el tiempo de producción.
- 4. Manejo del riego:** Las plántulas requieren un suministro de agua constante. Un riego frecuente y adecuado favorece su crecimiento y evita que pierdan vigor por falta de humedad.
- 5. Condiciones ambientales:** Es importante mantener niveles adecuados de temperatura, humedad, luz y ventilación durante todo el proceso de producción, ya que estos factores influyen directamente en la calidad de las plántulas.

## METODOLOGÍA

El presente documento tiene como objetivo proporcionar una guía técnica detallada para la producción de plántulas de calidad de hortalizas, fundamentada en los principios científicos y las buenas prácticas agrícolas reconocidas internacionalmente. Cada etapa del proceso –desde la selección de insumos hasta el manejo y endurecimiento– se desarrolla con base en la evidencia disponible, integrando conceptos de fisiología vegetal, nutrición, fitopatología e ingeniería de ambientes controlados. Se espera que este material constituya una referencia útil para productores, técnicos y estudiantes interesados en optimizar la producción de material vegetal de alta calidad como base para sistemas hortícolas productivos y sostenibles.

### PASO 1: Selección de los insumos

#### Las semillas

##### Importancia de la semilla certificada

La semilla es el punto de partida para obtener plántulas sanas y de buena calidad. De ella depende, en gran medida, que las plantas germinen adecuadamente, crezcan con vigor y alcancen un buen rendimiento durante el cultivo.

Por esta razón, se recomienda utilizar semilla certificada, ya que ofrece garantía de calidad, pureza de la variedad y buen estado sanitario. Esto permite obtener plantas más uniformes y reduce el riesgo de problemas durante la producción.

En la agricultura orgánica, lo ideal es utilizar semillas orgánicas certificadas. Cuando estas no se encuentran disponibles, pueden emplearse semillas convencionales que no hayan sido tratadas con productos químicos y que no provengan de organismos genéticamente modificados.

Antes de la siembra, también es importante desinfectar las semillas para disminuir la presencia de enfermedades que puedan afectar la germinación y el desarrollo de las plántulas.

### Vigor y poder germinativo

La calidad de una semilla depende principalmente de dos aspectos: **su capacidad para germinar** y **su vigor**. La capacidad de germinación indica el porcentaje de semillas que pueden brotar cuando las condiciones son favorables, mientras que el vigor refleja la capacidad de las semillas para producir plántulas fuertes y uniformes, incluso cuando las condiciones no son las mejores.

Para obtener plántulas sanas y de buena calidad, se recomienda utilizar semillas con una germinación superior al 90 % y con buen vigor. Antes de la siembra, es conveniente realizar pruebas de germinación para conocer la calidad del lote de semillas y, durante el desarrollo en vivero, dar seguimiento al proceso de emergencia para evaluar su desempeño y realizar los ajustes necesarios en el manejo.

### **Las bandejas o charolas**

#### Tipos de bandejas según su material

La elección de la bandeja o charola para producir plántulas influye en el desarrollo de las raíces y en la eficiencia del vivero. Existen diferentes tipos de bandejas, que varían según el material con el que están fabricadas, el tamaño de sus cavidades y el tipo de cultivo para el que se utilizan.

Las bandejas rígidas son resistentes y duraderas, por lo que son adecuadas para un uso frecuente y para viveros con procesos mecanizados. Sin embargo, ocupan más espacio al almacenarse y su costo suele ser mayor. Las bandejas de plástico liviano son más económicas y fáciles de guardar, aunque tienen una vida útil menor.

Las bandejas flexibles permiten extraer las plántulas con mayor facilidad, lo que ayuda a reducir el daño en las raíces durante

el trasplante. También existen bandejas biodegradables, elaboradas con materiales de origen natural, que pueden trasplantarse junto con la planta. Estas contribuyen a disminuir el uso de plástico y el estrés que sufren las plántulas al ser trasladadas, aunque su precio es más elevado.

Además, algunos modelos cuentan con diseños especiales que mejoran la circulación del aire alrededor de las raíces, favoreciendo un desarrollo más sano y evitando que estas se enreden, lo que contribuye a obtener plántulas de mejor calidad.

### Número de cavidades y volumen de sustrato

El número y el tamaño de las cavidades de las bandejas influyen directamente en el crecimiento de las plántulas. Existen bandejas con diferentes cantidades de cavidades, desde 32 hasta más de 800, aunque las más utilizadas son las de 50, 72, 128, 162 y 200 cavidades.

La elección depende del tipo de cultivo y del tiempo que las plantas permanecerán en el vivero. Los cultivos que necesitan más tiempo para desarrollarse, como el tomate y el pimiento, requieren bandejas con menos cavidades, ya que cada planta dispone de mayor espacio y más sustrato para el desarrollo de sus raíces. En cambio, cultivos de crecimiento más rápido, como la lechuga y el brócoli, pueden producirse en bandejas con un mayor número de cavidades.

El volumen de cada cavidad también es importante. Cuando las cavidades son más grandes, las plántulas desarrollan un mejor sistema de raíces, producen mayor cantidad de hojas y crecen con mayor vigor. Por el contrario, un espacio reducido limita la disponibilidad de agua y nutrientes, afectando el crecimiento y la calidad de las plantas.

En algunos sistemas de producción, las plántulas se siembran primero en bandejas de cavidades pequeñas y, posteriormente, se trasplantan a bandejas con cavidades más grandes para completar su desarrollo. Este método favorece un mejor crecimiento de las raíces y permite obtener plántulas más fuertes antes del trasplante al campo.

## Características funcionales de las bandejas

características que favorezcan un buen crecimiento de las plantas. Deben estar fabricadas con materiales seguros, que no liberen sustancias dañinas y que permitan extraer las plántulas con facilidad.

También es importante que cuenten con un buen sistema de drenaje y ventilación, ya que esto evita el exceso de humedad, reduce el riesgo de enfermedades en las raíces y favorece un desarrollo saludable de la planta.

La forma de las cavidades influye en el proceso de trasplante. En muchos casos, las cavidades cuadradas facilitan la extracción de las plántulas cuando se utilizan equipos de trasplante. Además, un buen diseño de la bandeja ayuda a que las raíces crezcan de forma equilibrada, evitando que se enreden y promoviendo un sistema radicular más fuerte y ramificado.

### **El sustrato**

#### Propiedades físicas, químicas y biológicas

El sustrato es el medio físico donde se desarrolla el sistema radicular de la plántula, proporcionando soporte, agua, nutrientes y oxígeno. La calidad del sustrato es uno de los factores más determinantes en la producción de plántulas, ya que condiciona la disponibilidad de recursos y el desarrollo radical. Los sustratos utilizados en la producción comercial de plántulas deben cumplir con requisitos específicos:

**Propiedades físicas:** El sustrato debe tener una densidad aparente moderada (generalmente entre  $0.36$  y  $0.44 \text{ g} \cdot \text{cm}^{-3}$ ), alta porosidad total ( $>70 \%$ ), porosidad de aireación adecuada ( $18-24 \%$ ) y alta capacidad de retención de agua ( $> 50 \%$ ). Una alta porosidad y un contenido de humedad óptimo mejoran significativamente el crecimiento de las plántulas.

**Propiedades químicas:** El sustrato debe tener un pH cercano a neutro ( $5.5-6.5$  para la mayoría de las hortalizas), baja conductividad eléctrica (EC) para evitar daños por sales, y una concentración equilibrada de nutrientes disponibles. Se ha demostrado que valores de pH entre  $5.8$  y  $6.2$  son ideales para un desarrollo saludable. La conductividad eléctrica debe ser baja ( $< 2 \mu\text{S} \cdot \text{cm}^{-1}$ ), y la concentración de iones cloruro debe

estar controlada, ya que niveles excesivos pueden inhibir el crecimiento. Aunque el nitrógeno, el fósforo y el potasio son beneficiosos, niveles excesivos pueden inhibir el crecimiento.

Propiedades biológicas: El sustrato debe estar libre de patógenos, semillas de malezas y otros organismos nocivos. La esterilización del sustrato es esencial para eliminar patógenos, aunque también elimina organismos benéficos. El compost contiene muchos organismos benéficos, algunos incluso combaten patógenos. Además, se puede agregar microorganismos benéficos como *Trichoderma* o *Bacillus* para enriquecer el sustrato y controlar patógenos.

### Tipos de sustratos

Existen diferentes tipos de sustratos disponibles comercialmente, cada uno con propiedades particulares que los hacen adecuados para diferentes usos:

Turba de *Sphagnum* (peat moss): Es uno de los componentes más utilizados debido a su alta capacidad de retención de agua y su estructura porosa que favorece la aireación. Su pH ácido (3.5-4.5) requiere la adición de cal para ajustarlo al rango adecuado para la mayoría de las hortalizas. Sin embargo, la turba es un recurso no renovable que se está agotando debido a la extracción creciente, lo que la hace menos adecuada para los requisitos de utilización sostenible de recursos en la producción agrícola actual.

Fibra de coco (coir): Es un sustrato renovable con excelente capacidad de retención de agua y buena aireación, siendo una alternativa sostenible a la turba. Investigaciones recientes han evaluado sustratos a base de coir mezclados con compost municipal y biochar para reducir el uso de turba a un porcentaje de 5-10 % v/v.

Perlita: Material mineral expandido que se utiliza principalmente para mejorar el drenaje y la aireación de mezclas de sustrato. Aumenta la porosidad y reduce la densidad aparente.

Vermiculita: Mineral expandido con alta capacidad de retención de agua, utilizado para mejorar la capacidad de intercambio catiónico del sustrato.

Compost: Material orgánico proveniente de residuos vegetales o animales que aporta nutrientes y organismos benéficos. El compost de cocina, después de un procesamiento adecuado, puede

ser una fuente rica de nutrientes para las plántulas, aunque su alto contenido de sal puede ser problemático.

Lana de roca: Sustrato inerte ampliamente utilizado en sistemas de cultivo hidropónico, que proporciona excelente retención de agua y aireación.

Sustratos alternativos sostenibles: Diversas investigaciones han explorado el uso de materiales alternativos para reducir la dependencia de la turba. El uso de compost de cocina y residuos agrícolas (cáscaras de arroz, paja) ha mostrado resultados prometedores en la producción de plántulas de pepino. La mezcla de 15 % de compost de cocina, 45 % de turba y 40 % de cáscara de arroz mostró el mejor rendimiento, ofreciendo una estructura física equilibrada, disponibilidad de nutrientes y control de salinidad. También se ha evaluado el uso de biomasa seca de *Eichhornia crassipes* (jacinto de agua) como sustrato alternativo para plántulas de lechuga, mostrando alta capacidad de retención de agua y altos porcentajes de germinación.

### Preparación del sustrato

La preparación del sustrato debe considerar las necesidades específicas de la especie cultivada. Los sustratos comerciales para la producción de plántulas suelen incluir una "carga de arranque" de fertilizantes que proporciona nutrientes durante los primeros días de desarrollo, reduciendo la necesidad de fertilización inicial. Sin embargo, es importante verificar la conductividad eléctrica (EC) del sustrato, ya que valores demasiado altos pueden causar daños por sales en las plántulas sensibles.

En la producción orgánica de plántulas, el sustrato debe estar aprobado por el Organic Materials Review Institute (OMRI). Los productores pueden comprar un sustrato orgánico comercial o mezclar su propio sustrato con ingredientes aprobados por OMRI. Las recetas caseras incluyen mezclas de turba, compost, perlita, vermiculita, y fertilizantes orgánicos como harina de sangre, harina de huesos y fosfato de roca. Un ejemplo de mezcla orgánica es la Cornell Mix: 0.4 m<sup>3</sup> (20 baldes de 20 L) de turba de *Sphagnum*, 0.4 m<sup>3</sup> (20 baldes de 20 L) de vermiculita, 10 libras de harina de huesos, 5 libras de cal molida, y 5 libras de harina de sangre.

## **Integración de insumos**

La selección de insumos no debe realizarse de manera aislada; la combinación de semilla, bandeja y sustrato debe ser coherente con el sistema de producción y los objetivos de calidad. La investigación sobre la producción de plántulas ha demostrado que el sistema de producción –por ejemplo, invernadero convencional versus fábrica de plantas con iluminación artificial (PFAL)– afecta significativamente la calidad de la plántula y que esta debe evaluarse no solo en el vivero sino también en el crecimiento posterior al trasplante. La selección integrada de insumos debe considerar la duración prevista en vivero, las condiciones ambientales disponibles y el manejo agronómico planificado.

## **PASO 2: Preparación del sustrato y llenado de bandejas**

### Humedecimiento y acondicionamiento del sustrato

La preparación del sustrato consiste en humedecerlo antes de la siembra para crear las condiciones adecuadas para que las semillas germinen y las raíces comiencen a desarrollarse. Para ello, se coloca el sustrato en un recipiente o sobre una superficie limpia y se agrega agua poco a poco, mezclándolo de manera uniforme.

El sustrato debe quedar húmedo, pero no saturado de agua. Una forma sencilla de comprobarlo es tomar un puñado y apretarlo con la mano: debe mantenerse húmedo sin que escurra agua.

Es importante evitar tanto el exceso como la falta de humedad. Si el sustrato tiene demasiada agua, pueden aparecer enfermedades causadas por hongos que dañan las plántulas. Si está demasiado seco, las semillas tardarán más en germinar o incluso pueden no hacerlo. Por ello, se recomienda agregar el agua gradualmente y revisar la humedad durante todo el proceso.

### Desinfección de bandejas

Las bandejas reutilizables pueden ser vehículos de transmisión de patógenos entre ciclos de producción. Las esporas de hongos, bacterias y virus pueden persistir en las superficies de las bandejas incluso después de una limpieza superficial, constituyendo un riesgo significativo para la producción de plántulas. Por esta razón, la desinfección de las bandejas

antes de su uso es un paso obligatorio en la producción comercial.

El método recomendado consiste en la inmersión de las bandejas en una solución de hipoclorito de sodio al 5 % (cloro comercial) durante un período que varía según la condición de las bandejas. Para bandejas reutilizables, el tiempo de inmersión es de aproximadamente 30 minutos, mientras que para bandejas nuevas un tiempo de 5 minutos es suficiente. Después de la inmersión, las bandejas deben ser enjuagadas con agua limpia y dejadas secar al aire o al sol. Este proceso no solo elimina los patógenos presentes, sino que también asegura que las bandejas estén libres de residuos de cloro que podrían ser tóxicos para las plántulas.

La desinfección de bandejas es particularmente importante en viveros de producción continua donde se cultivan diferentes especies o ciclos sucesivos. En estos casos, la acumulación de patógenos en el ambiente del vivero puede llevar a epidemias que afecten la calidad de las plántulas y causen pérdidas económicas significativas.

### Llenado de bandejas

El llenado de las bandejas con sustrato debe realizarse de manera homogénea y con una densidad adecuada. La técnica correcta consiste en colocar el sustrato humedecido sobre las bandejas y extenderlo con la mano o con una herramienta adecuada hasta llenar todas las cavidades. Es fundamental no compactar el sustrato excesivamente durante el llenado, ya que la compactación reduce la porosidad y dificulta el drenaje y la aireación, condiciones necesarias para el desarrollo radical. Sin embargo, un ligero golpeteo de la bandeja sobre la superficie de trabajo permite que el sustrato se asiente y elimine los huecos de aire excesivos, distribuyéndose uniformemente en todas las cavidades.

La recomendación para evitar la compactación del sustrato es llenar las bandejas y cavidades hasta el borde; una vez regadas, el volumen se reducirá. Los productores que prellenan y apilan sus bandejas deben incluir una capa de cartón entre las bandejas para evitar la compactación. El sustrato también debe mantenerse estéril durante la mezcla y el almacenamiento para prevenir enfermedades que puedan afectar el crecimiento de las plántulas y los trasplantes.

Después de este asentamiento inicial, es necesario volver a rellenar las cavidades con sustrato hasta el borde, asegurando que todas tengan un volumen uniforme. La uniformidad en el llenado es esencial para garantizar que todas las plántulas tengan el mismo volumen de sustrato disponible para el desarrollo radical, lo que contribuye a la homogeneidad del lote de plántulas, un atributo clave de calidad. Una vez completado el llenado, la superficie de las cavidades debe quedar ligeramente por debajo del borde de la bandeja, formando un pequeño hueco que facilite la siembra y el riego.

### **PASO 3: Siembra**

#### Profundidad de siembra

La profundidad a la que se deposita la semilla en el sustrato es uno de los factores más críticos para una germinación exitosa y una emergencia uniforme. La regla general establece que la profundidad de siembra debe ser equivalente a dos veces el tamaño de la semilla. Esta profundidad asegura que la semilla tenga contacto adecuado con el sustrato húmedo para la imbibición, pero no esté tan profunda que la plántula no pueda emerger antes de agotar sus reservas energéticas. Para semillas muy pequeñas, como las de lechuga o apio, la profundidad puede ser de apenas 2-3 mm, mientras que para semillas más grandes como las de pepino o melón, la profundidad puede ser de 1-2 cm.

La uniformidad en la profundidad de siembra es esencial para lograr una emergencia sincrónica. Si las semillas se siembran a diferentes profundidades, emergerán en momentos distintos, lo que resultará en plántulas de edades diferentes y tamaño heterogéneo. Esta heterogeneidad dificulta el manejo posterior del vivero y reduce la calidad del lote de plántulas. Las buenas prácticas agrícolas recomiendan utilizar herramientas que permitan una profundidad uniforme, como plantillas o punzones calibrados.

#### Densidad de siembra

Antes de sembrar, es importante decidir cuántas semillas colocar en cada cavidad de la bandeja. Cuando se utilizan semillas certificadas con un alto porcentaje de germinación, normalmente basta con sembrar una semilla por cavidad, lo que

permite aprovechar mejor la semilla. Si no se conoce con certeza la capacidad de germinación o se quiere asegurar que todas las cavidades produzcan una plántula, se pueden sembrar dos semillas por cavidad. Si ambas germinan, posteriormente se elimina la planta más débil y se deja la más vigorosa.

En producciones de mayor escala, la siembra suele realizarse con máquinas sembradoras, que permiten colocar las semillas de forma rápida y uniforme. Existen equipos de diferentes tamaños y costos, desde sembradoras manuales hasta máquinas totalmente automatizadas para grandes volúmenes de producción.

Independientemente del método utilizado, es fundamental que cada cavidad reciba una sola semilla ubicada lo más cerca posible del centro, ya que esto favorece un crecimiento uniforme de las plántulas y facilita su manejo y trasplante posterior. En bandejas con cavidades muy pequeñas, lograr esta precisión puede requerir equipos especializados.

### Técnicas de siembra y cobertura

La técnica de siembra "siete-dos-siete" o patrones alternados facilita la identificación de cavidades con semilla y la posterior evaluación de la germinación. Después de depositar la semilla en todas las cavidades, se procede a cubrirla con una capa fina de sustrato, asegurando que el material de cobertura sea el mismo que el del sustrato base para evitar diferencias de humedad o textura que puedan afectar la emergencia. La cobertura debe presionarse ligeramente con los dedos para que la semilla tenga un buen contacto con el sustrato húmedo, lo que promueve la imbibición y el inicio del proceso germinativo.

Los requisitos de cobertura son más precisos con cavidades pequeñas y pueden implicar modificaciones. La utilización de semillas peletizadas o recubiertas puede facilitar la siembra y mejorar la precisión, especialmente cuando se utilizan sembradoras mecánicas. Sin embargo, las semillas peletizadas requieren una humedad adecuada en el sustrato para que el recubrimiento se disuelva y permita la imbibición.

### Verificación de la siembra

Una vez completada la siembra, es esencial inspeccionar visualmente las bandejas para verificar que todas las cavidades contengan semilla. Esta verificación permite detectar y corregir posibles omisiones antes de que el proceso avance.

También es importante confirmar que todas las semillas estén cubiertas con sustrato y que la cobertura sea uniforme en toda la bandeja.

En sistemas de producción de plántulas a gran escala, el proceso de "gapping" o "fixing" (relleno de cavidades vacías) es fundamental para garantizar que todas las cavidades de las bandejas destino tengan una plántula viable. Este proceso elimina las plántulas "dudosas" en la bandeja donante, incluyendo cavidades vacías y plántulas pequeñas o débiles con baja probabilidad de alcanzar el estado de calidad para el trasplante. El "gapping" es la actividad más lenta dentro del sistema de trasplante y también tiene plazos estrechos en los que las plántulas se encuentran en una etapa óptima. Las plántulas dudosas pueden identificarse a simple vista, mediante sistemas foto-ópticos o por visión por computadora. Existen equipos de "gapping" basados en computadora que inspeccionan las bandejas con cámaras de color que cuentan píxeles de color, separando el follaje verde de las plántulas del ruido de fondo del medio de cultivo.

#### **PASO 4: Generación de microclima adecuado para la germinación**

##### Condiciones de germinación

La germinación de las semillas depende principalmente de una temperatura, humedad y oscuridad adecuadas. En cultivos como tomate, chiltoma, berenjena y pepino, la temperatura ideal es de **24 a 26 °C**, procurando que el sustrato no baje de **20 °C**. En hortalizas de clima fresco, las semillas pueden germinar entre **16 y 24 °C**, según la especie.

Durante esta etapa, es importante mantener una alta humedad para evitar que las semillas y el sustrato se sequen. Además, muchas semillas germinan mejor en la oscuridad, por lo que se cubren con una fina capa de sustrato y, en la producción de plántulas, las bandejas suelen apilarse y cubrirse con plástico negro o colocarse en un cuarto oscuro.

Estas prácticas ayudan a conservar la humedad y la temperatura, favorecen una germinación más rápida y uniforme y permiten aprovechar mejor el espacio en el vivero. Generalmente, las bandejas permanecen en estas condiciones entre **3 y 5 días**, o hasta que comienzan a emerger las primeras plántulas.

## Riego post-siembra

Después de la siembra, es necesario aplicar un riego ligero para asegurar el contacto de la semilla con el sustrato húmedo y promover la imbibición. Este riego inicial, conocido como "pase de riego", debe realizarse con cuidado para no desplazar las semillas de su posición ni causar la formación de costras en la superficie del sustrato que dificulten la emergencia. Generalmente se utiliza una regadera con rociador fino o un sistema de riego por aspersión que proporcione una distribución uniforme de agua sin generar excesos que puedan encharcar las cavidades. La cantidad de agua debe ser suficiente para humedecer el sustrato en toda la profundidad de la cavidad, pero no tanto como para saturarlo.

## Manejo del riego durante la germinación

El manejo del riego durante la germinación debe ser cuidadoso y preciso. El exceso de riego en sistemas de bandeja es una preocupación importante, por lo que el tiempo entre riegos a menudo se mantiene entre 24 y 48 horas. El riego poco frecuente también puede ayudar a regular el crecimiento de las plantas, aunque esto no ha sido claramente evaluado. Un sustrato con alto contenido de humedad y una alta frecuencia de riego son más favorables para el desarrollo de las plántulas, considerando que intervalos más largos entre riegos provocan disminuciones significativas en las características de las plántulas. En sistemas de producción donde la disponibilidad de agua es limitada, la frecuencia de riego debe optimizarse para mantener la calidad de las plántulas.

## **PASO 5: Verificación del momento de la emergencia**

### Identificación del momento óptimo para destapar

El momento de retirar las cubiertas oscuras y las bandejas apiladas es crítico para el desarrollo de plántulas de calidad. Si las bandejas se mantienen cubiertas por más tiempo del necesario, las plántulas que han emergido se etiolarán, desarrollando tallos alargados, pálidos y débiles debido a la falta de luz. La etiolación es una respuesta fisiológica a la ausencia de luz que resulta en un crecimiento exagerado del tallo en busca de fuentes luminosas, pero que produce plántulas con bajo vigor y alta susceptibilidad al daño mecánico y a

enfermedades. Por el contrario, si se retiran las cubiertas demasiado pronto, las plántulas que aún no han emergido pueden sufrir estrés hídrico o exposición a temperaturas subóptimas que comprometan su desarrollo.

El momento óptimo para destapar es cuando al menos dos plántulas por bandeja han comenzado a emerger visiblemente del sustrato, mostrando la apertura de los cotiledones o la aparición del tallo. En este punto, la mayoría de las semillas viables han completado el proceso de imbibición y están en las etapas finales de emergencia, por lo que la exposición a la luz y a condiciones ambientales menos controladas ya no representa un riesgo significativo. La supervisión regular, al menos dos veces al día durante el período de germinación, permite detectar este momento con precisión.

### Consecuencias del manejo inadecuado de la emergencia

El manejo incorrecto de la emergencia puede tener consecuencias significativas en la calidad final de las plántulas. Las plántulas etioladas son más propensas a sufrir daños durante el manejo, presentan mayor incidencia de "damping-off" (enfermedad causada por hongos del suelo que produce la pudrición del tallo a nivel del sustrato) y su crecimiento posterior está comprometido. Estudios sobre producción de plántulas de tomate han demostrado que las plántulas con relaciones altura-diámetro de tallo desbalanceadas (baja compacidad) tienen menor capacidad de supervivencia después del trasplante y menor rendimiento. La compacidad, definida como la relación entre peso seco de la parte aérea y altura de la plántula, es un indicador de calidad que se ve negativamente afectado por la etiolación.

## **PASO 6: Manejo de las plántulas**

### Evaluación de la emergencia y primeros cuidados

Después de la emergencia, la primera tarea es contar el porcentaje final de germinación, información que permite evaluar la calidad del lote de semillas y del proceso de siembra. Una germinación inferior a la esperada puede indicar problemas con la semilla, el sustrato, la profundidad de siembra, la temperatura o la humedad durante la germinación, y debe ser documentada para ajustar los procesos en ciclos posteriores.

Durante los primeros dos días después de la emergencia, el riego se realiza exclusivamente con agua, sin adición de fertilizantes. Este período permite que la plántula establezca sus primeros sistemas de absorción y evita el riesgo de quemaduras por sales en los tejidos jóvenes y sensibles. A partir del tercer día y hasta el quinto, se introduce la solución nutritiva al 50 % de la concentración recomendada, lo que proporciona los nutrientes necesarios para un crecimiento vigoroso sin sobrecargar el sistema radicular inmaduro. Este enfoque gradual de la fertilización, conocido como "fertirrigación progresiva", se ha demostrado efectivo en la producción de plántulas de alta calidad.

### Programa de fertilización progresiva

El programa de fertilización se intensifica a medida que la plántula se desarrolla. Durante la segunda semana, la concentración de nutrientes se aumenta al 75 %, y en la tercera semana se alcanza el 100 %. Este incremento gradual permite que la plántula desarrolle un sistema radical capaz de absorber eficientemente los nutrientes y una masa foliar que pueda asimilarlos mediante la fotosíntesis.

La frecuencia de aplicación de la solución nutritiva también es un factor importante. Para plántulas de lechuga, se determinó que el intervalo óptimo entre aplicaciones es de 6 días. Intervalos más cortos (3-6 días) entre fertirrigaciones produjeron los valores más altos para el contenido de clorofila y la acumulación de N, P, K y S, mientras que el intervalo de 7 días produjo los valores más bajos.

### Monitoreo fitosanitario

Durante la producción de plántulas, es importante revisar constantemente la presencia de plagas y enfermedades para evitar pérdidas y asegurar plantas sanas y de buena calidad. Las plántulas jóvenes son muy sensibles a enfermedades causadas por hongos, las cuales pueden propagarse rápidamente si no se toman medidas preventivas.

Para reducir estos riesgos, se recomienda mantener limpias las bandejas y el sustrato, controlar la humedad y la temperatura del vivero, y aplicar productos para el control de enfermedades cuando sea necesario. En la producción orgánica, las plagas más comunes son la mosca blanca, los pulgones, los trips, los ácaros, las orugas y las enfermedades que afectan las raíces y el tallo.

## Manejo del riego

El riego es uno de los aspectos más importantes en la producción de plántulas, ya que influye directamente en su crecimiento y calidad. La cantidad y frecuencia de agua deben ajustarse según el clima, el tipo de cultivo y la etapa de desarrollo de la planta. Tanto el exceso como la falta de agua pueden afectar negativamente su desarrollo.

El tipo de sustrato también influye en la frecuencia de riego. Los sustratos que retienen más humedad necesitan menos riegos, mientras que aquellos que se secan rápidamente requieren un suministro de agua más frecuente. En las bandejas de producción, generalmente se recomienda regar cada 24 a 48 horas para mantener una humedad adecuada y evitar problemas como el encharcamiento y las enfermedades en las raíces.

Además, la profundidad de las bandejas es un factor importante. Las bandejas poco profundas tienden a acumular más agua, lo que reduce la circulación de aire alrededor de las raíces y puede dificultar la germinación y el crecimiento de las plántulas. En cambio, las bandejas más profundas permiten un mejor drenaje y una mayor aireación, favoreciendo un desarrollo saludable de las plantas.

## Monitoreo del crecimiento y calidad

El monitoreo regular del crecimiento de las plántulas permite detectar problemas tempranos y ajustar las prácticas de manejo para asegurar la calidad final. Los parámetros para monitorear incluyen la altura de la plántula, el diámetro del cuello de la raíz, el número de hojas verdaderas, el color del follaje, y el desarrollo del sistema radical. Estos parámetros permiten calcular índices de calidad como el Dickson Quality Index (DQI).

El diámetro del cuello de la raíz ha demostrado ser el parámetro más adecuado para indicar la calidad de la plántula en muchas especies, debido a su mayor nivel de correlación con el Dickson Quality Index. La altura de la plántula demostró ser un indicador efectivo para el análisis solo cuando se usa junto con el diámetro del cuello de la raíz.

El DQI se calcula como:

$$DQI = MST / [(AP/DCR) + (MSA/MSR)]$$

Donde,

MST: es la masa seca total.

AP: es la altura de la plántula.

DCR: es el diámetro del cuello de la raíz.

MSA: es la masa seca de la parte aérea.

MSR: es la masa seca de la raíz.

El monitoreo de la calidad de las plántulas debe incluir también la evaluación de la relación entre la biomasa seca de la parte aérea y la biomasa seca de la raíz (relación MSA/MSR). Esta relación es un indicador de la distribución de biomasa entre la parte aérea y la raíz, y es un componente del DQI. Una relación equilibrada entre la parte aérea y la raíz es deseable para una plántula de calidad, ya que indica un desarrollo equilibrado de ambos sistemas.

### Endurecimiento o aclimatación

El endurecimiento o aclimatación es una práctica que prepara las plántulas para adaptarse a las condiciones del lugar donde serán trasplantadas. Se realiza entre 3 y 5 días antes del trasplante, exponiéndolas de forma gradual al sol, al viento y a los cambios de temperatura, mientras se reduce poco a poco el riego y la fertilización.

Este proceso permite que las plantas se fortalezcan antes de pasar al campo, disminuyendo el estrés causado por el trasplante y favoreciendo su adaptación.

Un trasplante exitoso depende tanto de la calidad de las plántulas como de un adecuado proceso de endurecimiento. Las plántulas sanas, uniformes y bien aclimatadas sobreviven con mayor facilidad, se establecen más rápido y son más resistentes a las condiciones ambientales y al ataque de plagas y enfermedades.

## CONCLUSIÓN

La producción de plántulas de buena calidad es un paso fundamental para lograr cultivos sanos, uniformes y de alto rendimiento. El éxito de este proceso depende de realizar correctamente cada etapa, desde la selección de la semilla hasta el manejo de las plantas antes del trasplante.

Todo comienza con el uso de semillas certificadas, ya que ofrecen mayor capacidad de germinación y garantizan plantas más uniformes. También es importante elegir bandejas y sustratos adecuados, que permitan un buen desarrollo de las raíces y conserven la humedad necesaria para el crecimiento de las plántulas.

La preparación del sustrato, el llenado uniforme de las bandejas y una siembra a la profundidad correcta favorecen una germinación rápida y homogénea. Durante esta etapa es necesario mantener condiciones adecuadas de temperatura y humedad para asegurar un buen desarrollo inicial.

En el vivero, las plántulas requieren riego frecuente, una fertilización gradual y un monitoreo constante para prevenir enfermedades y plagas. Asimismo, es importante controlar las condiciones ambientales para favorecer un crecimiento vigoroso.

## PREGUNTAS ORIENTADORAS

1. **¿Cuáles son las principales dificultades que enfrentan en la producción de plántulas y qué prácticas utilizan actualmente para obtener plantas sanas y vigorosas?**
2. **¿Qué factores consideran que influyen más en la calidad de una plántula (semilla, sustrato, bandeja, riego, manejo del vivero, etc.) y por qué?**
3. **¿Qué acciones concretas podrían implementar en sus viveros para mejorar la calidad de las plántulas y aumentar el éxito del trasplante?**

## REFERENCIAS

Greer, L., & Adam, K. L. (2022). Plug and Transplant Production for Organic Systems. ATTRA - Sustainable Agriculture.

Kacheyo, O. C., et al. (2024). Growing Vigorous Potato Seedlings in Plug Trays. Potato Research, 68, 1767-1801.

USDA Forest Service. (2003). Plug-to-Plug Transplanting versus Conventional Sowing. In: National Proceedings: Forest and Conservation Nursery Associations. RMRS-P-028.

Robonen, E. V., Chernobrovkina, N. P., Egorova, A. V., Zaitseva, M. I., & Nelaeva, K. G. (2023). Morphometric Criteria for Assessing the Containerized Conifers Seedlings Quality. Lesnoy Zhurnal = Russian Forestry Journal, (5), 42-57.

Novikov, A., Rabko, S., Novikova, T., & Petrishchev, E. (2023). Dickson Quality Index: relation to technological impact on forest seeds. Forestry Engineering Journal, (1), 23-36. Voronezh State University of Forestry and Technologies.

Laguna-Estrada, M. I., Ruiz-Nieto, J. E., Lopez-Nuñez, A. R., Ramírez-Pimentel, J. G., Raya-Pérez, J. C., & Aguirre-Mancilla, C. L. (2024). Biomass of Eichhornia crassipes as an Alternative Substrate for the Formation of Lettuce Seedlings. AgriEngineering, 6(3), 2612-2622.



Gobierno de Reconciliación  
y Unidad Nacional

*El Pueblo, Presidente!*

**UNA**  
¡Líder en Ciencias Agrarias!

# TecnoAgro

Tecnologías para Mejorar la Producción y  
la Productividad Agropecuaria