



Universidad Nacional del Nordeste



**PRODUCCIÓN DE PLANTINES HORTÍCOLAS CON CEPELLÓN EN  
ALMÁCIGOS MODIFICADOS,  
CON  
INCORPORACIÓN DE *Trichoderma asperellum*  
Y DEL FERTILIZANTE ORGÁNICO LÍQUIDO GTG  
EN LA BIOFÁBRICA MISIONES S.A.**

**Juan Nicolás Amarilla**

**Director: Dr. Guillermo R. Salvatierra**

**Trabajo final de graduación para acceder al título de  
Ingeniero agrónomo  
Modalidad PASANTÍA**

**2021**

## Contenido

RESUMEN .....	1
INTRODUCCIÓN.....	2
OBJETIVO GENERAL.....	4
OBJETIVOS ESPECÍFICOS .....	4
ESTADO DEL ARTE .....	5
A. SEMILLAS: EL PUNTO DE PARTIDA.....	5
B. PLANTINES .....	10
B. 1. FACTORES QUE INFLUYEN EN EL DESARROLLO DE LOS PLANTINES .....	10
B. 1. 1 Fertilización .....	10
B. 1. 2 Riego.....	11
B.2 MANEJO INTEGRADO DE PLAGAS Y ENFERMEDADES .....	16
C. TRICHODERMA EN LA AGRICULTURA .....	25
ACTIVIDADES REALIZADAS .....	34
a) Pre siembra .....	45
b) Siembra .....	49
c) Actividades culturales posteriores a la siembra.....	50
e) Análisis de los resultados .....	58
f) Conclusiones.....	61
SUGERENCIAS A LA EMPRESA.....	62
OPINIÓN DEL ASESOR .....	64
BIBLIOGRAFÍA.....	65

## RESUMEN

Con vistas a lograr una producción sostenible de alimentos en la era posCOVID-19, la FAO difundió su iniciativa «Ciudades verdes» y su plan para la transformación de los sistemas agroalimentarios convencionales, los cuales, teniendo en cuenta el compromiso con el ambiente, pueden modificarse con el empleo de bioinsumos a base de microorganismos promotores del crecimiento, como los hongos del género *Trichoderma* y de fertilizantes orgánicos, como el fertilizante foliar «Génesis top grow» (GTG) y de este modo lograr aumentos significativos en los rendimientos y la calidad de los cultivos. El objetivo del trabajo fue conocer el proceso convencional de producción de plantines de especies hortícolas desarrollado en la Biofábrica Misiones S.A. y compararlo con un sistema orgánico basado en la capacidad bioestimulante de *Trichoderma asperellum* y en la eficiencia del fertilizante GTG. A tal fin se analizó el actual proceso productivo de plantines hortícolas y se llevó a cabo un ensayo con *Licopersicum esculentum* var. Platense, «tomate», a partir de los cuales surgen, entre otras, las siguientes recomendaciones: realizar análisis de calidad de agua y de los sustratos; emplear semillas peletizadas y automatizar la siembra. Por otra parte, incorporar un equipo de desinfección física para sustratos; en el invernadero instalar media sombra móvil e implementar trampas cromáticas para insectos. Evaluar la frecuencia de aplicación de *Trichoderma* y su compatibilidad con los fungicidas utilizados de modo rutinario. Aplicar *Trichoderma* en horas en que la radiación solar sea baja. Evaluar la población inicial y final de *Trichoderma* en los sustratos y agregar a éstos un compost orgánico o humus. La implementación de las modificaciones sugeridas mejoraría la producción de plantines de hortícolas en número y calidad.

## INTRODUCCIÓN

La «Estrategia mundial OMS sobre régimen alimentario, actividad física y salud» pone énfasis en el aumento del consumo de frutas y verduras como una de las recomendaciones a tener en cuenta al elaborar las políticas y directrices dietéticas, tanto para la población como para los individuos (OMS, 2004). La combinación adecuada de estos alimentos con otros constituye una alimentación balanceada que garantizará un buen aporte de todos los nutrientes esenciales, protegiendo al individuo de enfermedades no transmisibles y ubicándolo en una situación menos riesgosa frente a enfermedades como la COVID 19, dado que el organismo estará mejor preparado para combatir infecciones y para recuperarse de ellas, dado que ningún alimento ni suplemento dietético puede prevenir ni curar la COVID-19, una alimentación saludable es importante para el buen funcionamiento del sistema inmunitario (OMS, 2020).

La producción sostenible de alimentos es un desafío para la sociedad actual que requiere modificar los sistemas convencionales, muy especialmente en el contexto el de la pandemia por coronavirus, en el que las ciudades han tenido que garantizar el acceso a alimentos inocuos, nutritivos y asequibles incluso en medio de restricciones de los desplazamientos y cierre de mercados. Al respecto la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO) ha dado a conocer su iniciativa «Ciudades verdes» y su plan de acción en apoyo a la transformación de los sistemas agroalimentarios, la erradicación del hambre y la mejora de la nutrición en las zonas urbanas y periurbanas en la era posterior a la COVID-19 (FAO, 2020). La estrategia tiende al desarrollo de huertos urbanos y periurbanos, a ciudades más verdes que ofrezcan opciones, oportunidades y esperanza (FAO, 2020), teniendo siempre en cuenta, el compromiso con el ambiente y la producción a gran escala. En este sentido, el empleo de bioinsumos a base de microorganismos promotores del crecimiento constituye una alternativa viable para lograr aumentos significativos en los rendimientos, calidad de los cultivos y disminución del impacto negativo de los agroquímicos en el medio ambiente.

Los individuos pertenecientes a diversas especies de hongos del género *Trichoderma*, asociados con la rizósfera de las plantas o relacionados con ellas de manera endofítica, producen muchos efectos beneficiosos sobre las mismas. Entre ellos la mejora en la absorción de nutrientes (Harman *et al.* 2004; Harman, 2006; Singh *et al.*, 2012; Torres-De la Cruz *et al.*, 2015; Youssef *et al.*, 2016; Sharma *et al.*, 2017) y la promoción del desarrollo de las plantas (crecimiento y diferenciación). Por otra parte, se los utiliza como agente de control biológico de enfermedades causadas por hongos fitopatógenos en la raíz y en algunas enfermedades foliares (Benítez *et al.* 2004; Chandra Nayaka *et al.*, 2010), debido a sus múltiples mecanismos de acción. Además, potenciar las interacciones beneficiosas entre plantas y microorganismos constituye una alternativa prometedora para mejorar la producción agrícola actual y futura.

Otra modificación a los sistemas convencionales es el empleo de fertilizantes orgánicos, entre éstos se incluye el fertilizante orgánico foliar denominado «Génesis top grow», fertilizante GTG, un producto líquido natural y mineral obtenido a través de un proceso de biotransformación e hidrólisis enzimática de proteínas de origen animal; se lo define como un «fertilizante complejo» lo que le otorga la capacidad de ser aplicado en distintos estadios.

Atenta a las necesidades de la provincia de Misiones, la Biofábrica Misiones S. A. produce plantines hortícolas y *T. asperellum*, dado que está dedicada al desarrollo de biotecnología y productos biotecnológicos para la mejora productiva agroindustrial. Esta empresa se enfoca en la transferencia y asistencia tecnológica ligada a la agrobiotecnología, destacando su rol de promoción y difusión del uso de esta herramienta que favorece a la agricultura sustentable. Por décimo año consecutivo ha logrado la Certificación de las Normas ISO 9001 de todos sus procesos y tres ampliaciones del alcance del Sistema de Gestión de Calidad (Biofábrica, 2020).

## **OBJETIVO GENERAL**

Conocer el proceso convencional de producción de plantines de especies hortícolas desarrollado en la Biofábrica Misiones S.A. y compararlo con un sistema orgánico de reciente implementación, basado en la capacidad bioestimulante de *Trichoderma asperellum* y en la eficiencia del fertilizante orgánico GTG.

## **OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

- ✓ Analizar el proceso productivo convencional o actual de plantines hortícolas en la Biofábrica Misiones S.A.
- ✓ Evaluar el efecto de *Trichoderma asperellum* en plantines de «tomate».
- ✓ Evaluar el efecto del fertilizante orgánico GTG.
- ✓ Evaluar interacciones entre *Trichoderma asperellum* y los fertilizantes convencionales y orgánicos.
- ✓ Elaborar una devolución constructiva para la Biofábrica Misiones S.A.

## ESTADO DEL ARTE

Los plantines hortícolas de calidad son aquellos que después de ser trasplantados a campo se desenvuelven de modo rápido y uniforme permitiendo obtener mejores rendimientos; pueden ser identificados por presentar el tallo firme, las hojas de color verde intenso y el sistema radical bien desarrollado, para obtenerlos son muy importantes los aspectos nutricionales y sanitarios, es por ello que los almácigos modificados en contenedores facilitan la producción de los mismos. Otras ventajas que ofrece la producción en almácigos modificados, son la posibilidad de mayor control de las condiciones ambientales, el desarrollo precoz del plantín, la optimización de recursos (semilla y agua, por ejemplo), mayor rendimiento, reducción del estrés después del trasplante, y la posibilidad de realizar manejos agronómicos oportunos, reducción del ciclo del cultivo en campo y menor riesgo de infección por patógenos, entre otros (Chahin, 2019).

La obtención de plantines de calidad será el resultado del cumplimiento de diversos aspectos, los cuales se tratan a continuación.

### A. SEMILLAS: EL PUNTO DE PARTIDA

Para lograr un plantín de calidad que manifieste todo su potencial en el campo es imprescindible tener en cuenta la calidad de la semilla, la cual engloba calidad genética, física, sanitaria y fisiológica. La elección y el manejo adecuado de semillas de buena calidad se expresan en una elevada emergencia, alta uniformidad y sanidad de los plantines; esto se traduce en optimización de recursos, es decir insumos, espacio, tiempo y mano de obra.

#### A. 1. CALIDAD DE LA SEMILLA

**Calidad genética:** está relacionada con la pureza varietal o la identidad genética del cultivar con la cual el semillero caracteriza su producto. El genotipo va determinar la productividad, adaptabilidad al ambiente y la resistencia a plagas y enfermedades (FAO y Africa Seeds, 2019).

**Calidad física:** está determinada por aquellas características de la semilla relacionadas con el grado de humedad (cada semilla es embalada con un contenido de humedad óptimo que garantiza la viabilidad en largos períodos, generalmente oscila entre 5 y 7%) la uniformidad en la forma, tamaño y peso además con la presencia de cualquier otro material distinto a semillas, estas impurezas pueden ser piedras pequeñas, ramitas, tierra, semillas quebradas o semillas de otras especies.

**Calidad sanitaria:** se relaciona con la ausencia de plagas y microorganismos patógenos tales como hongos, los más frecuentes, bacterias, virus y nematodos; los cuales pueden infectar los tejidos internos de la semilla, estar adheridos a la superficie de la semilla o mezclados en el lote. Importantes enfermedades de hortalizas, pueden ser transmitidas por las semillas, la utilización de semillas exentas de microorganismos, bien como semillas tratadas con productos específicos como insecticidas y o fungicidas (químicos o biológicos) minimizan la ocurrencia del *damping off* y contribuyen para mejorar el establecimiento de plantines.

**Calidad fisiológica:** está relacionada con la capacidad de la semilla de germinar, emerger y dar origen a plantas uniformes y vigorosas.

En el momento en que la semilla madura llega al máximo de vitalidad comienza a envejecer y perder vigor debido a que sigue respirando y gastando energía para mantener sus funciones vitales.

Semillas de baja calidad tienden a originar lotes desuniformes, con fallas en la emergencia de plantines que comprometen no solo la productividad sino también la calidad y estandarización de los plantines (Terenti, 2004, Nascimento *et al.*, 2016).

## A. 2. PROCESO DE SIEMBRA

La siembra en bandejas puede ser realizada de modo manual o mecánico.

Para la **siembra manual**, después del llenado de las bandejas con el sustrato el operador realiza, con un marcador o hoyador, pequeños orificios, en cada celda de la bandeja en los que posteriormente introduce la semilla., utilizando los dedos o en algunos casos placas de siembra.

**Siembra mecánica:** las etapas de llenado de bandejas con sustrato, siembra, cobertura y riego

generalmente son realizadas por diferentes equipos conjugados en una misma línea de montaje. La siembra mecánica, el orificio y la distribución de semillas puede ser hecha con agujas, o por medio de cilindros. Tanto las agujas como los cilindros son sustituidos de acuerdo con la especie, es decir con el tamaño de la semilla. Semillas peliculizadas o peletizadas también pueden ser utilizadas en este proceso mecánico (Nascimento *et al.* 2016).

Las maquinas sembradoras aumentan la eficiencia de la labor permitiendo entregar uniformidad en la profundidad de siembra además de colocar solo una semilla por cavidad. Algunas son capaces de llenar bandejas con sustrato, sembrar, tapar y regar. El rendimiento por hora fluctúa entre las 150 y 600 bandejas, dependiendo de la especie, tamaño y forma de la semilla (Olguín y Torres 2000)

#### **A. 3. GERMINACIÓN**

La germinación es el proceso que rompe con el estado de reposo (quiescencia o dormancia) de la semilla. El proceso comienza con la imbibición de agua, según el criterio fisiológico termina cuando emerge la radícula, el criterio agronómico marca el fin del proceso cuando el plantín emergió y se desarrolló de manera normal.

##### **Fisiología de germinación**

Desde el punto de vista de aumento de peso fresco, la germinación se puede dividir en tres fases, imbibición, germinación en sentido estricto y crecimiento.

La imbibición es un proceso en el cual ingresa el agua a través de orificios del tegumento de la semilla, la duración de este proceso es variable de acuerdo a la especie. En esta fase, si las condiciones del ambiente lo determinan, puede deshidratarse volviendo al estado de reposo; otra cuestión es la susceptibilidad al ataque de hongos ocasionada por la deshidratación. La imbibición al ser un fenómeno físico ocurre tanto en semillas viables como no viables.

En esta fase influyen el déficit o el exceso de agua, la velocidad de imbibición y la temperatura.

Posterior a una adecuada hidratación comienza la segunda fase, llamada germinación en sentido estricto, se caracteriza por el cese de la absorción de agua y la activación del metabolismo, por ende, la respiración.

La tercera fase es la de crecimiento, en la cual la absorción de agua se reinicia, se incrementa la actividad metabólica y la movilización de reservas (carbohidratos, proteínas o lípidos), se observa en esta fase la emergencia de la radícula a través del tegumento y el alargamiento y emergencia del hipocótilo, este evento marca el final de la germinación.

La duración de las fases y del período de germinación depende de varios factores. En los invernaderos o en las casas de vegetación, la disponibilidad de agua, la composición del sustrato, el intercambio de gases y principalmente, la temperatura, son los condicionantes del proceso (Pita y Pérez, 1998; Nascimento *et al.*, 2016).

### **Factores externos que influyen sobre la germinación**

**Temperatura.** Cada especie presenta una temperatura mínima, máxima y óptima para la germinación, y dentro de cada especie pueden existir diferencias notorias entre los cultivares y lotes. Como regla general, a menor temperatura menor velocidad de germinación.

Temperaturas fuera del rango óptimo pueden alterar la velocidad, homogeneidad y porcentaje final de germinación. En algunas especies como la lechuga, exposiciones prolongadas a altas temperaturas ocasionan un fenómeno conocido como «termodormancia», la semilla pierde la capacidad de germinar aun en condiciones favorables y se requiere de tratamientos para romper esa dormancia.

**Humedad.** La humedad del sustrato también debe ser mantenida dentro de un rango, a diferencia de la temperatura este factor es más fácil de controlar. Hay que tener la precaución de no regar en exceso, debido a que puede ocasionar una imbibición muy rápida como también una deficiencia en la aireación, siendo la entrada de oxígeno extremadamente importante en la última fase de germinación, regar en exceso también favorece la incidencia de hongos patógenos. Por otro lado, insuficiente riego puede resultar en una disminución tanto de la velocidad como del porcentaje de germinación.

La utilización de ambientes controlados durante la germinación es una práctica recomendada, dado que mantiene dentro del rango óptimo la temperatura y la humedad. En este sentido, la utilización de cámaras de germinación minimiza la evaporación y reduce los requerimientos de riego adicional (Pita y Pérez, 1998, Adlercreutz *et al.*, 2014)

Tomando en cuenta los requerimientos de humedad para germinar, Adlercreutz *et al.* (2014) clasifican las hortalizas en cuatro grupos que se detallan a continuación:

- a) Especies que requieren alto contenido de humedad (cercanos a la saturación): repollo, rábano, maíz dulce, zapallo, melón, sandía, pepino, tomate, pimiento, cebolla y zanahoria.
- b) Especies que germinan con moderados contenidos de humedad hasta capacidad de campo: poroto, arveja, lechuga, remolacha.
- c) Especies que germinan solo en condiciones de capacidad de campo: apio.
- d) Especies que germinan bien con escasa humedad, reduciéndose su germinación a capacidad de campo: espinaca.

**Iluminación.** El efecto de la luz sobre la germinación permite clasificar a las semillas en tres categorías (Pita y Pérez 1998).

- a) Semillas con fotosensibilidad positiva (fotoblásticas positivas), germinan preferentemente bajo iluminación.
- b) Semillas con fotosensibilidad negativa (fotoblásticas negativas), germinan preferentemente en oscuridad, mientras que la iluminación inhibe su germinación.
- c) Semillas no fotosensibles (fotoblásticas neutras), germinan independientemente de las condiciones de iluminación.

La mayoría de las especies hortícolas germinan en ausencia de luz. Dependiendo del cultivar algunas lechugas pueden ser fotoblásticas positivas.

**Sustrato.** Las especies hortícolas pueden tener distinta afinidad a los sustratos para obtener una adecuada germinación, esto quizás se deba a la variación en la capacidad de retención de agua, conductividad eléctrica y otros factores en los diferentes sustratos (Nascimento *et al.*, 2016)

**Profundidad de siembra.** Este aspecto se torna importante en las semillas pequeñas con pocas reservas (brasicáceas) o que a veces necesitan de luz (lechuga y apio), para estas especies se recomienda una siembra más superficial. La profundidad de siembra en especies hortícolas generalmente oscila entre 0,5 y 1,5 cm. La variación en la ubicación de las semillas en el sustrato puede

causar desuniformidad en la germinación con consecuencias en el desarrollo de plantines (Adlercreutz *et al.*, 2014).

## **B. PLANTINES**

### **B. 1. FACTORES QUE INFLUYEN EN EL DESARROLLO DE LOS PLANTINES**

#### **B. 1. 1 Fertilización**

Para que las plantines se desarrollen de manera normal y tengan un buen desempeño final en el campo es un requisito que estén provistos de nutrientes minerales y que éstos se encuentren en equilibrio. De acuerdo con las cantidades requeridas los nutrientes pueden ser clasificados en macronutrientes (nitrógeno, fósforo, potasio, calcio, magnesio, azufre) y micronutrientes (cobre, zinc, manganeso, cobalto, cloro, hierro, boro) (Mengel y Kirkby 2000).

La fertilización es la práctica por la cual se proporcionan nutrientes minerales, se trata de proceso flexible y acorde, entre otros factores, a la variedad sembrada, la infraestructura del vivero, el tipo de sustrato utilizado, los contendores, el precio de los fertilizantes y, obviamente, el criterio del productor.

Los plantines que se cultivan en contenedores difieren de aquellos que crecen a campo en varios aspectos. Los contendores limitan el desarrollo de las raíces y como consecuencia, los requerimientos de agua, oxígeno y nutrientes son mucho más intensivos (Kafkafi y Tarchitzky, 2012). En los sistemas de producción de plantines en contenedores en los cuales se utilizan generalmente sustratos que no poseen cantidades significantes de nutrientes; el fertiriego es la técnica más empleada pues permite una mayor optimización en el uso de nutrientes por las plantas, agregando mayor calidad en el sistema productivo. Esta técnica consta en la aplicación de fertilizantes minerales de alta solubilidad en agua, manteniendo la disponibilidad de agua y nutrientes próximos a valores considerados óptimos al crecimiento y productividad del cultivo (Kafkafi y Tarchitzky, 2012).

En el manejo de la fertirrigación, la elección del fertilizante y la calidad del agua de riego son los principales factores a considerar. Entre las características de la calidad del agua, las de mayor

influencia en las operaciones son la composición iónica, el nivel de salinidad, el pH, la concentración de bicarbonato y el potencial redox (Kafka y Tarchitzky 2012).

Otras cuestiones a tener en cuenta al momento de fertilizar son la especie y el estadio de desarrollo en el que se encuentra el plantín, estos dos aspectos también condicionan el tipo de fertilizante a emplear como así también la dosis a aplicar. Cavallaro Junior (2016) distingue cuatro estadios en el desarrollo de los plantines, ellos son:

Estadio 1: de la siembra a la emergencia de la radícula. En esta fase, son necesarios altos niveles de humedad y oxígeno alrededor de la semilla.

Estadio 2: de la emergencia de la radícula hasta la expansión cotiledonar. En esta fase, los plantines requieren altos niveles de oxígeno (exceso de riego podría ocasionar falta de aireación).

Estadio 3, de expansión cotiledonar hasta el desarrollo de la primera hoja verdadera.

Estadio 4 del desarrollo de la primera hoja verdadera hasta el punto de trasplante.

Durante el primer y segundo estadio, la aplicación de agua pura es lo más indicado, pues son las fases de emergencia de la radícula y de los cotiledones, hasta este momento los plantines poseen reservas para su establecimiento. A partir del tercer estadio en adelante, se inicia la complementación mineral a través de las fertirrigaciones. Inicialmente de modo general, con bajas concentraciones, (0,8 mS cm a 1,2 mS cm) y aumentando gradualmente de acuerdo con el proceso productivo y los estadios de desarrollo, pudiendo llegar a niveles de concentraciones más elevados (2 a 2,5 mS cm). No obstante, ese aumento dependerá de la especie en cuestión, del sustrato y de la fuente de nutriente utilizada.

Con el fin de mantener siempre la planta en condiciones nutricionales adecuadas se pueden emplear métodos de monitoreo del cultivo: síntomas visuales, análisis de tejido vegetal, análisis de la solución nutritiva y de los lixiviados de las bandejas (Cavallaro Junior, 2016).

### **B. 1. 2 Riego**

El riego, junto con la fertilización, son las actividades más intensivas en la producción de plantines en contenedores, sin embargo, la información referida a plantines de hortalizas en invernadero es limitada. Generalmente el manejo del riego en la producción de plantines en bandejas es ineficiente,

resultando en grandes pérdidas en volumen a través del escurrimiento superficial y la lixiviación. El exceso de riego puede llevar a degradaciones del medio ambiente a través de los efluentes químicos provenientes de los viveros. Con reglas estrictas sobre el uso del agua, la gestión eficaz del riego se vuelve crítica, ya que no solo reducirá el desperdicio de agua, sino que también reducirá los costos de bombeo y mano de obra (DeFacio *et al.*, 2002).

Mantener la humedad en el nivel óptimo para los plantines es un gran desafío a la hora de producir plantines de calidad en bandejas. Determinar el momento, la frecuencia, la cantidad y el modo de regar es muy importante en cualquier operación de vivero y depende de varios factores: disponibilidad agua del sustrato, tipo de contenedores, condiciones ambientales internas dentro del invernadero (humedad, temperatura y luz), estación del año y característica de las plantas (especie y etapa de crecimiento) (DeFacio *et al.* 2002).

Dado que no existe una regla, el monitoreo debe ser permanente, el manejo de riego eficaz para la producción de plantines de calidad requiere sistemas bien planeados y con buen mantenimiento; en viveros con tecnología de punta se emplean dispositivos que consideran todos los aspectos, incluso optimizar el uso del agua.

#### **Factores que influyen en la disponibilidad de agua para los plantines**

**Características físicas del sustrato.** Conocer este aspecto es un requisito para realizar un manejo adecuado del riego en la producción de plantines en contenedores (Setti y Alves, 2008).

Baixauli y Aguilar (2002) catalogan como un buen sustrato a aquel que tiene elevada porosidad, gran capacidad de retención de agua fácilmente disponible, drenaje rápido, buena aireación, distribución homogénea del tamaño de partículas, baja densidad aparente y estabilidad.

El espacio poroso está estrechamente relacionado con la densidad del sustrato. Entre la densidad y la porosidad existe una relación inversa. El valor óptimo de porosidad para sustratos en bandejas debe ser mayor al 85% y de ese porcentaje aproximadamente un 65% y 25% de los poros debe estar ocupados por agua y aire respectivamente (Leskovar y Sharma, 2016).

Estos porcentajes están determinados por la granulometría del sustrato, partículas grandes forman

poros de gran diámetro que proporcionan capacidad de aireación, partículas chicas forman poros de menor diámetro y proporcionan capacidad de retención de agua. Los poros que varían entre 0,0002 y 0,05 mm de diámetro retienen agua que puede ser fácilmente absorbida por las plantas; se los llama poros de almacenamiento, mientras que los poros más pequeños, o poros residuales, retienen tan fuertemente el agua que las plantas no la pueden extraer de los mismos. Los poros mayores de 0,05 mm de diámetro, conocidos como poros de transmisión, permiten que el agua drene a través del sustrato y permita la entrada de aire a los mismos a medida que el agua es drenada. Hay que tener en cuenta también que un mismo sustrato presenta distintos porcentajes de porosidad y retención de agua según sea la altura de la bandeja; a medida que desciende la altura del contenedor es menor el porcentaje de poros con aire y mayor el de poros con agua (INTA Bella Vista Bárbaro L.A Video, Shaxson y Barber, 2005)

Con respecto a la densidad aparente, en el caso de la producción de hortalizas en bandejas menores a 15 cm se aconseja que los sustratos tengan una densidad baja, que ronde los  $0,10 \text{ g.cm}^{-3}$  a  $0,30 \text{ g.cm}^{-3}$  (Setti y Alves 2008).

La absorción de agua por la raíz en plantines en crecimiento depende de la tasa de secado y de la duración de secado del sustrato entre cada evento de riego. La tasa de secado rápido permite la reposición rápida de aire o de oxígeno en la zona de la raíz, no obstante, se requiere una aplicación más frecuente de agua. Es relativamente más fácil salvar una planta que sufre de estrés hídrico debido a la falta de agua que a una planta marchita debido al exceso de riego. Juntamente con la absorción de agua el exceso de riego también dificulta la absorción de nutrientes. Por lo tanto, un buen sustrato debe absorber rápidamente la humedad y secarse gradualmente de modo de mantener una proporción balanceada de aire y agua (Leskovar y Sharma 2016).

**Tamaño de célula de la bandeja.** En el manejo del riego, tienen que ser consideradas la forma, la profundidad y el volumen de la celda de la bandeja, una vez que influirá en la proporción de aire y agua en la zona de las raíces de plantines de hortalizas. Por ejemplo, sustratos más gruesos y en células más profundas pueden mejorar la aireación, pero pueden reducir la capacidad de retención de agua.

Generalmente el volumen varía de 2 cm<sup>3</sup> (bandejas de 800 celdas) a 25 cm<sup>3</sup> (bandejas con 128 celdas). La profundidad de una celda en una bandeja tiene impacto sobre la porosidad, ya que las células más profundas tienen un mayor porcentaje de porosidad incluso con el mismo sustrato. A medida que la altura de las columnas de agua aumenta hay un aumento del drenaje gravitacional. En células más superficiales la atracción gravitacional es limitada por fuerzas adhesivas del agua al sustrato (INTA Bella Vista Bárbaro L.A Video, Setti y Alves 2008).

**Calidad del agua para riego.** Al momento de elegir las fuentes de agua para realizar los riegos y/o fertirrigaciones se debe tener en cuenta la calidad del agua para no repercutir en el normal crecimiento de las plantas como así también favorecer el correcto desempeño y perdurabilidad de los equipos de riego (Vavrina, 2011). La calidad del agua está determinada por las propiedades biológicas, físicas y químicas. (Laboratorio A.V.T)

Desde el punto de vista del productor los parámetros químicos que determinan la calidad para riego de plantines son alcalinidad, dureza, conductividad eléctrica (CE) relación de absorción sodio (RAS), elementos tóxicos (Leskovar y Sharma 2016)

**Alcalinidad:** La alcalinidad del agua está dada por la concentración de compuestos solubles (principalmente carbonatos y bicarbonatos) que tienen la capacidad de resistir o neutralizar los efectos de los ácidos, incluyendo los que se encuentran en los fertilizantes y los sustratos. La alcalinidad actúa como un buffer de los materiales ácidos y tiene un efecto preponderante (Berger sf). La alcalinidad del agua de riego debe oscilar entre 40 y 80 ppm de modo de mantener la estabilidad del pH del sustrato, si los niveles de alcalinidad fueran mayores a 80 ppm podría producirse aumento en el pH del sustrato.

Existen tres factores que determinan los niveles críticos de alcalinidad: a) Tiempo necesario para el desarrollo del plantín; b) Tamaño de las celdas de las bandejas; c) Límite de tolerancia de cada cultivo.

Regando con agua alcalina la cantidad de carbonatos y bicarbonatos aumenta a lo largo del tiempo, causando un aumento del pH. Macetas grandes tienen una mayor cantidad de sustrato para controlar la alcalinidad, cuando son comparados con celdas menores de las bandejas típicamente utilizadas en

la producción de plantines hortícolas. Generalmente, el agua de riego con un pH entre 5 y 7 es deseable para la producción de plantines sanos. La alcalinidad del sustrato debe ser monitoreada regularmente y ajustada de acuerdo con los límites de tolerancia de los cultivos (Leskovar y Sharma 2016).

**Conductividad eléctrica:** La conductividad eléctrica (CE) es una medida de todas las sales solubles presentes en el agua de riego. Se aconseja que el agua para riego tenga valores mínimos de CE, para que no interfiera en el agregado de fertilizantes para realizar el fertiriego. Valores por debajo de 0.75 dS/m serían óptimos para regar (Vavrina, 2011).

**Relación de absorción de sodio (RAS):** La relación de absorción de sodio (RAS) del agua de riego es definida como la relación entre el sodio y la combinación de calcio y magnesio. Altas concentraciones de sodio hacen que el medio retenga más agua y consecuentemente reduce la concentración de oxígeno y por ende un pobre crecimiento de la raíz. El RAS del agua del riego deberá ser inferior a 2 y la concentración del ion sodio debe ser inferior a 40 ppm. Valores más altos de RAS y/o de sodio limitan la disponibilidad de calcio y magnesio (Leskovar y Sharma, 2016).

**Toxicidades de elementos químicos:** En las aguas de riego los iones más comunes que pueden provocar problemas de toxicidad son cloruro, sodio y boro, difiriendo notablemente los umbrales de toxicidad entre las distintas especies vegetales (Laboratorio A.V.T)

**Métodos de riego:** Los métodos de riego en la producción de plantines en bandejas pueden ser Manuales, automatizados y de subirrigación o hidropónicos. Los riegos manuales pueden ser hechos con regaderas, mangueras, etc., es un método empleado en viveros poco tecnificados por presentar desventaja de no permitir un riego uniforme y no tener la precisión de un riego justo sin regar en déficit o exceso.

Entre los métodos automatizados se puede mencionar, riego por nebulizadores, aspersores y más tecnificados el sistema de barra de aspersión automática (travelling booms). Los sistemas de subirrigación son más eficientes en el uso de energía, agua y nutrientes, uniformidad en los plantines, tiempo de terminación, sanidad (no se moja la superficie foliar), los sistemas más conocidos son el de

bandejas flotantes muy común en la producción de plantines de tabaco y el sistema de flujo y reflujo (system ebb and flow) (Vavrina, 2011, Leskovar y Sharma 2016).

## B.2 MANEJO INTEGRADO DE PLAGAS Y ENFERMEDADES

El manejo de plagas y enfermedades en ambientes protegidos es una tarea compleja y las medidas de control deben ser integradas en un sistema flexible, que sea compatible con los sistemas de producción y con las opciones de manejo disponible localmente, además de ser económicamente viable (Mondino *et at* 2008, Adlercreutz *et al.*, 2014).

Las actividades integradas deben tener como principal objetivo fortalecer medidas de prevención, en segundo lugar, aplicar medidas de observación, monitoreo y la última línea corresponde a las medidas de intervención de las plagas y/o enfermedades (Manual BPA 2010, DeFacio *et al.* 2002, Romero 2004).

Si bien una determinada enfermedad puede, en ciertos casos, ser controlada con una sola medida, la complejidad de los factores involucrados suele requerir el uso de más de un método para lograr su adecuado control. Ante esto, existe la necesidad de concentrar esfuerzos dirigidos a combinar diversas medidas y métodos de control para obtener una optimización en la reducción de la intensidad de las enfermedades y en consecuencia, alcanzar la máxima producción sin efectos negativos en el medio ambiente (Adlercreutz *et al.*, 2014).

También se debe considerar que el proceso de la enfermedad puede ser desencadenado por la interacción con agentes bióticos (enfermedad infecciosa) o abióticos (enfermedad no infecciosa abióticos). Entre los primeros, en hortalizas los agentes más importantes son hongos, virus, bacterias y nematodos; los abióticos incluyen factores relacionados al ambiente, tales como condiciones extremas o baja nutrición, humedad, temperatura y luz. Para que una enfermedad ocurra es necesario la presencia e interacción simultánea de tres factores: ambiente favorable, hospedante susceptible y patógeno infeccioso. La comprensión del comportamiento de cada uno de estos factores permitirá la adopción de técnicas adecuadas de manejo y control (Adlercreutz *et al.* 2014).

### **Elementos a considerar en un manejo integrado**

**Semillas.** Es indispensable utilizar semillas con calidad sanitaria, la semilla infectada por patógenos causantes de manchas foliares, cancros, antracnosis y pudriciones del tallo y de la espiga introduce el inóculo en la producción. El proceso de transmisión de los patógenos de las semillas a las plántulas ocurre normalmente con una elevada eficiencia (Reis *et al.* 2002)

Es necesario adquirir semillas de proveedores confiables que aseguren la calidad de la misma.

Las semillas deben ser almacenadas en ambientes con temperatura adecuada y bajo resguardo a fin preservar su calidad. Al momento de la siembra solo se deben sacar del lugar de almacenamiento las semillas que van a ser sembradas (Manual BPA 2010)

**Sustratos.** Los sustratos de origen orgánicos (dependiendo del proceso de obtención, almacenamiento y desinfección) son propensos a portar patógenos (hongos, bacterias, nematodos e insectos) (Manual BPA 2010)

Una enfermedad muy común de los almácigos que está relacionada con un manejo sanitario deficiente de los sustratos es el Damping off, el cual es causado por un complejo de hongos que ocasionan serios daños en las etapas iniciales. Larvas de la mosca de los invernaderos o fungus gnat (se alimentan de las raíces) son comunes en el sustrato, sobre todo si es orgánico y no se almacenó en un lugar protegido.

Los sustratos con buena capacidad de drenaje disminuyen la susceptibilidad del plantín a padecer de plagas y enfermedades (Cardoso *et al.* 2016).

Las bolsas de sustrato deben ser guardadas en un lugar fresco, protegido del sol directo y de la lluvia. Si no se cuenta con un lugar con esas características, se deben proteger las bolsas con un plástico resistente que tenga filtro UV, colocar las bolsas sobre tarimas o pallets para evitar el contacto con el suelo (Terrafertil, 2015).

El almacenamiento, así como la manipulación posterior de los sustratos para realizar las mezclas y la siembra, deben ser llevadas a cabo en superficies limpias, evitando contaminar el sustrato.

Los sustratos reutilizados deben someterse a un proceso de desinfección (Mondino *et al.* 2008)

**Barreras contra insectos.** Existen insectos que pueden transmitir virus a partir de alimentación en una

planta infectada y posteriormente a la planta sana (ej. pulgón transmisor del virus del mosaico de la lechuga (LMV) y coleópteros transmisores del virus del mosaico de la calabaza (SqMV) (Cardoso *et al.* 2016). Es recomendable la utilización de telas antiáfidos en los laterales de los invernaderos para prevenir el ingreso de insectos e indirectamente la incidencia de virosis dentro del mismo. La tela antiáfidos debe ser limpiada, un mínimo de dos veces al año. La tela limpia mejora la ventilación del vivero y la incidencia de luz. Además de esto con la limpieza se eliminan, los huevos de los insectos depositados en la superficie. Para mejores resultados, se recomienda que los invernaderos, sean dotados de antecámara en la entrada evitando la abertura directa para el exterior y posibilitando un mayor control en la entrada en las áreas de producción de plantines. Nunca se debe abrir la segunda puerta antes de cerrar la primera y antes de verificar si algún insecto entro en la antecámara. Esta estructura también debe ser sellada con tela antiáfidos. En las antecámaras también se aconseja el uso de pediluvio con algún desinfectante. (Mondino *et al.* 2008, Cardoso *et al.* 2016).

**Eliminación de plantas invasoras.** Se deben erradicar plantas que no formen parte del proceso productivo (malezas) dentro del vivero, también hay que tener un control sobre las plantas que crecen en la periferia del vivero pues muchas de ellas pueden ser hospedantes de insectos vectores y bacterias (Mondino *et al.* 2008, Manual BPA 2010)

**Calidad de Agua.** Algunos hongos y bacterias pueden ser diseminados a través del agua (lluvia o riego) y ser introducidos en el vivero. Son ejemplos *Phytiuum spp*, un hongo del complejo del *damping off* que afecta diferentes especies de hortalizas, y bacterias como *Xanthomonas spp.* (mancha bacteriana en tomate) y *Clavibacter michiganensis subs michiganensis* (cancro bacteriano en tomate).

Debe ser evitada la utilización de agua de fuentes próximas a otros cultivos de hortalizas; se recomienda realizar un análisis de agua para verificar la calidad microbiológica y la presencia de iones. Esto dará una mayor seguridad desde el punto de vista sanitario, evitando problemas causados por microorganismos vehiculizados por el agua e incluso incompatibilidad de iones en la preparación de soluciones para fertirrigaciones, que pueden causar síntomas en los plantines que sean confundidos con enfermedades (Cardoso *et al.* 2016).

**Tratos culturales.** El hombre es responsable de la diseminación de todos los tipos de patógenos, de diferentes maneras, tanto a corta como a larga distancia. La manipulación alternada de plantas infectadas/ contaminadas y plantas sanas en el vivero puede provocar diseminación de patógenos. El transporte de material de propagación (semillas y plantines) infectado o suelo y sustrato contaminados por el hombre también puede resultar en diseminación de patógenos a largas distancias. Prácticas como siembra manual, raleo, repique e injerto pueden contribuir a la diseminación de patógenos. Para evitar ese fallo en tales operaciones las manos de los colaboradores deben ser lavadas con agua y jabón, seguido de la utilización de alcohol. Con respecto a las herramientas utilizadas en las operaciones mencionadas anteriormente, las mismas deben someterse a un proceso de desinfección (antes, durante y después de la operación), otra cuestión a ser considerada es que cada herramienta utilizada debe ser exclusiva del módulo o vivero, se debe evitar usar herramientas que provienen de otros módulos o etapas de producción (Mondino *et al.* 2008, Manual BPA 2010, Cardoso *et al.* 2016).

**Manejo del ambiente.** El ambiente protegido en el que se desarrolla la producción de plantines está caracterizado principalmente por los siguientes factores climáticos: humedad, temperatura y luz. Estos factores deben ser manejados adecuadamente para favorecer el óptimo crecimiento de los plantines, evitando la susceptibilidad a plagas y enfermedades (Adlercreutz *et al.* 2014 y Cardoso *et al.* 2016).

El agua presente en la atmósfera y en el sustrato tienen gran influencia sobre los diferentes agentes infecciosos, que atacan tanto a la parte aérea como al sistema radicular de los plantines. El riego (tipo, período, frecuencia y horario) asociados a la circulación de aire en el vivero deben ser controlados con el fin de evitar excesos de humedad y persistencia de agua libre en la superficie de las plantas. (Cardoso *et al.* 2016).

Es importante que el vivero tenga buena circulación del aire para evitar excesos de humedad, promover la circulación del agua libre y disminuir la temperatura (Adlercreutz *et al.*, 2014).

La abundancia de luz sin llegar al exceso presenta beneficios como ser: mayor actividad fotosintética,

mayor producción de pigmentos en general, favorece la lignificación, mayor resistencia a plagas y enfermedades. De manera contraria déficit de luz ocasionan efectos negativos como ser menor producción de hidratos de carbono y de pigmentos, crecimiento y elongación de tallos (ahilamiento) esto trae por consiguiente un aumento de la sensibilidad a plagas y enfermedades (Melgarejo *et al.* 2002).

**Nutrición equilibrada.** El estado nutricional de la planta puede favorecer o limitar el proceso de infección o de colonización de los patógenos infectantes de raíces. Como uno de los componentes principales del ambiente, los nutrientes minerales, determinan la resistencia o susceptibilidad de la planta a la enfermedad y a la virulencia y habilidad del patógeno para sobrevivir (Reis *et al.* 2002).

El nitrógeno que prolonga el vigor de los plantines y retarda la maduración cuando está en exceso, puede predisponer a la planta al ataque de patógenos y su deficiencia puede aumentar la severidad de manchas bacterianas foliares. El calcio, elemento asociado a la integridad de la pared y de la membrana celular, garantiza mayor tolerancia al *damping off* y a la ocurrencia de moho blanco (*Sclerotinia sclerotiorum*), en cuanto el potasio confiere tolerancia a la planta a patógenos causantes de mildiu, manchas foliares, marchitez y mancha bacteriana en tomate y pimiento, causada por *Xanthomonas spp.* (Agrios, 1998).

**Organización, limpieza, monitoreo y trazabilidad.** La organización constituye un aspecto importante para prevenir la entrada de patógenos y contaminación de plantines. Se debe reducir al máximo el tránsito de personas, herramientas y actividades dentro del área producción.

Las estructuras de los invernaderos deben facilitar la limpieza. La higiene del vivero como una regla, puede incluir limpiezas periódicas (mensuales, trimestrales) utilizando sustancias químicas desinfectantes para prevenir la entrada o erradicar patógenos, insectos, malezas. Los productos utilizados con más frecuencia con acción desinfectante son hipoclorito de sodio (lavandina), ácido peracético, amonio cuaternario, sulfato de cobre y dióxido de cloro entre otros.

La adopción de una rutina periódica de monitoreo dentro de los invernaderos de plantines consiste en un proceso de gran relevancia para el mantenimiento de la calidad de los mismos. Cuanto antes se

identifique la causa de los problemas observados, más rápido y más eficiente será la respuesta.

Tener un sistema de trazabilidad implica una mejor documentación sobre los procesos y acciones por los que va pasando cada producto y por tanto facilita la detección, control y una rápida actuación en caso de encontrar problemas, no solo del aspecto sanitario.

Ejemplo de algunas planillas de registro importantes:

- Planilla de recepción y control de calidad de insumos en general (producto, cantidad, marca y observaciones).
- Planilla de registro de recepción y control de calidad de semillas: (número de cliente, especie, variedad, número de lote, origen, fecha de producción, PG).
- Planilla de registros de siembra (número de cliente, lote de semilla ingresada, sustrato utilizado, número del lote de crecimiento, fecha probable de finalización).
- Planilla de tratamientos sanitarios (lote de producción, producto aplicado, plaga o enfermedad a controlar, dosis).
- Planilla de fertilizaciones (lote, producto aplicado, dosis).
- Planilla de registro de plagas y enfermedades detectadas.
- Planilla de Registro de descarte de ejemplares debido a causas fitosanitarias.

Es aconsejable la aplicación de POEs (procedimientos operativos estandarizados de sanitización) para las etapas de: análisis de poder germinativo de semillas, lavado de bandejas, confección del sustrato, llenado de bandejas y siembra, traslado y colocación de bandejas en el invernadero (en invernadero y cámara), riego y fertirrigación, pulverización y expedición (Mondino ,2008, Manual BPA 2010).

**Área de descarte.** Se debe destinar un lugar que sea exclusivo para el descarte de plantines, sustratos y restos del cultivo. Es imprescindible que este lugar se encuentre alejado y sin comunicación con los módulos de producción (Brambilla *et al.* 2012)

**Desinfección de recipientes.** Los recipientes para producción de plantines, como las bandejas reutilizables de plástico deben ser sometidas a una asepsia antes de ser reutilizados, pues estas pueden diseminar estructuras de patógenos (hongos, bacterias y nematodos) de los campos donde

los plantines fueron trasplantados. *Rhizoctonia solani* y *Plasmodiophora brassicae* son ejemplos típicos de patógenos que pueden ser introducidos en vivero por medio de restos de suelo / sustrato adheridos a las bandejas (Fernandes y Machado, 2016)

El lavado debe ser realizado en un local limpio inicialmente solamente con agua de buena calidad por el tiempo que sea necesario para retirar los residuos adheridos, seguido por una inmersión en solución con el desinfectante (Mondino *et al.*, 2008).

La solución desinfectante debe ser sustituida regularmente para asegurar que los recipientes sean inmersos en solución limpia donde los ingredientes químicos estén activos. Después del lavado se debe proceder al secado de los recipientes y almacenarlos en un lugar limpio. Las bandejas rotas se deben descartar (Mondino *et al.*, 2008).

**Control químico.** La utilización de productos químicos ha sido la medida más empleada en el control de enfermedades y plagas en la producción de plantines (Fernandes y Machado 2016).

Dentro de un programa de manejo integrado de enfermedades el control químico debería ser uno de los últimos métodos a ser utilizados después de agotarse todas las medidas alternativas o debería ser parte de un conjunto de medidas para el control de enfermedades en el cultivo (Romero 2004).

Sin embargo, debido a la posibilidad de enfermedades con capacidad de comprometer la producción, combinado con la facilidad y conveniencia de utilizar productos fitosanitarios, el resultado inmediato después de su uso, el corto período de producción, la visión de mayor seguridad y la falta de una adecuada orientación, hacen que el productor dependa de la aplicación de fitosanitarios (Fernandes y Machado, 2016).

Puntos importantes a ser observados en el control químico: (Manual BPA 2010, Mondino *et al.* 2018)

- Se deberán aplicar productos que se encuentren registrados y aprobados por el SENASA, en las dosis indicadas y en el momento oportuno. Para ello se puede recurrir a la guía fitosanitaria del Casafe.
- El aplicador deberá utilizar el equipamiento de protección individual recomendado, evitando exposición al producto en cuestión.

- Se recomienda que las aplicaciones sean realizadas en periodos con temperatura templada
- Debe ser respetado el periodo de re-ingreso a las áreas pulverizadas evitando la contaminación de los operarios.
- Los invernaderos tratados deben ser señalizados adecuadamente cada vez que se realizó una aplicación.
- Se tiene que tomar cuidados con los sobrantes de fitosanitarios y realizar el correcto lavado del pulverizador.
- Realizar rotación de productos con modos de acción e ingredientes activos distintos.

**Control físico.** El control físico tiene por objetivo alterar los factores ecológicos, como luz, temperatura, humedad, etc, para afectar la población de patógenos. El control físico a menudo utilizado en invernaderos es la utilización de trampas cromáticas. Esas trampas pueden ser luminosas o pueden ser confeccionadas con otros materiales tales como plásticos, metal, nylon, madera, papel o lonas. Estos deben ser pintados con amarillo para atraer principalmente dípteros (mosca blanca, fungus gnat, etc) y afidos (pulgones) las de color azul para atracción de trips entre otros. Las trampas deben ser impregnadas con productos adherentes (grasa, oleo, cola, vaselina, etc), (Cardoso *et al.* 2016).

Las trampas deben ser instaladas en la periferia y dentro del área de producción de plantines a la altura de las plantas. Además de auxiliar el control, también sirve de alerta para la presencia de plagas y para la identificación de estas, que no siempre son vistas por las personas que trabajan en el vivero, principalmente al inicio de la producción. Por lo tanto, estas trampas tienen doble función: control y monitoreo de las plagas (Cardoso *et al.*, 2016).

Otro método físico que vale destacar es la desinfección de sustratos con vapor de agua o colectores solares.

**Control biológico.** El control biológico consiste en utilizar organismos vivos para el control de plagas y enfermedades.

**Bioinsumos.** Los bioinsumos agropecuarios son productos biológicos que contienen o hayan sido producido por microorganismos (hongos, bacterias, virus, etc) o macroorganismos (artrópodos benéficos), extractos de plantas o compuestos bioactivos derivados de ellos y que estén destinados a ser aplicados como insumos en la producción agropecuaria, agroalimentaria, agroindustrial e incluso agro energética.

Los bioinsumos comenzaron a desarrollarse con mayor intensidad en la Argentina durante las últimas décadas, y si bien el desarrollo de estos productos biológicos tiene una historia joven en el país, en comparación con algunas naciones europeas, la Argentina tiene un lugar destacado en el rubro. El potencial de los bioinsumos promete aumentar la industrialización, el agregado de valor en origen y el cuidado ambiental. La temática de bioinsumos agropecuarios está cobrando mayor relevancia en diversos sistemas productivos como complemento y como alternativa al empleo de productos fitosanitarios convencionales.

Con el fin de asegurar la calidad, eficacia y bioseguridad de los bioinsumos en el año 2013 por resolución del ministerio de agricultura, ganadería y pesca se creó el comité asesor en bioinsumos de uso agropecuario (CABUA).

El ministerio de agroindustria de la nación, promueve políticas de promoción para la adopción creciente de productos biológicos, creó en el año 2017 el programa de bioproductos argentinos" que funciona bajo la órbita de la Secretaría de Agregado de Valor y su dependiente, la Subsecretaría de Bioindustria, contribuyendo así a la consolidación de un modelo de producción diversificado. La medida tiene por objetivo aumentar el uso y el agregado de valor de los recursos agrícolas renovables, así como también fomentar la coordinación de acciones conjuntas con otros ministerios organismos para incrementar la producción y el uso de los bioproductos.

De acuerdo a la resolución 7/2013 de la Secretaría de Agricultura de La Nación los bioinsumos se pueden clasificar como.

1) Biofertilizantes

a) Para fijación de fosforo y nitrógeno

- b) Como fitoestimulante (microorganismos productores de moléculas fitoestimulantes o promotoras del crecimiento)
- 2) Biopesticidas: Empleados para el control biológico de plagas y enfermedades en los cultivos.
  - a) Bioinsecticidas fúngicos virales y/o bacterianos
  - b) Extractos vegetales de plantas con características insecticidas fungicidas nematicidas o repelentes.
  - c) Insectos para el control biológico (parasitoides, depredadores)
- 3) Microorganismos eficaces. Aplicación en agricultura, producción animal, sanidad y salud animal, medio ambiente, tratamiento de aguas servidas, etcetera.
  - a) bacterias acidolácticas: suprimen microorganismos patógenos e incrementa la rápida descomposición de la materia orgánica.
  - b) probióticos de uso agropecuario
  - c) aditivos para forraje (Resolución Nº 7/2013).

## C. TRICHODERMA EN LA AGRICULTURA

Las especies de *Trichoderma* son hongos de vida libre que se encuentran habitualmente en todo tipo de suelos, especialmente en aquellos suelos ricos en materia orgánica (Singh *et al.*, 2012). Harman *et al.* (2004) explican que son colonizadores de distintos sitios en las plantas como ser la rizósfera (raíces) y la filósfera (tallo, hojas, flores y frutos) donde se crean interacciones de tipo simbiótico (oportunista) y avirulento en la mayoría de los casos, si bien hay algunas especies que pueden ser patógenos para algunos vegetales, la mayoría de las especies de *Trichoderma* son conocidas por ser antagonistas de algunos hongos fitopatógenos, contra los cuales actúan de manera directa suprimiendo el crecimiento de los mismos o indirectamente induciendo en la planta resistencia local y/o sistémica contra algunos patógenos foliares. Otro aspecto ventajoso para la agricultura es la capacidad de aumentar el crecimiento y desarrollo general de las plantas.

Estas características los convierten en uno de los géneros de hongos más estudiados y comercializados como biopesticidas, biofertilizantes y enmiendas del suelo.

## **Taxonomía**

El género *Trichoderma* fue propuesto por primera vez por Peerson en 1794 con base en materiales colectados en Alemania, incluyendo cuatro especies en la descripción de las cuales sola una resultó ser un verdadero *Trichoderma*. Con el transcurso de los años y las nuevas técnicas empleadas en la taxonomía el género fue englobando a nuevas especies descubiertas, algunas veces especies que se consideraban distintas se fueron agregando en una sola. La taxonomía tradicional se basó en diferencias en la morfología, principalmente del aparato de esporulación asexual. En la actualidad se hace uso de técnicas moleculares, en particular la secuenciación del espaciador transrito interno-1 y 2 (ITS1 e ITS2) (Druzhinina *et al.*, 2006). Hay más de 200 especies de *Trichoderma* identificadas con técnicas moleculares. En el género *Trichoderma* se incluyen especies de hongos denominados imperfectos debido a que producen solo esporas asexuales, cuando existe la fase sexual estos se encuentran dentro del género *Hypocrea* (Steiger, 2013).

La clasificación taxonómica de *Trichoderma* propuesta por Chaverri *et al.* (2011) es la siguiente:

Reino: Fungi

División: Ascomycota

Subdivisión: Pezizomycotina

Clase: Sordariomycetes

Subclase: Hypocreomycetidae

Orden: Hypocreales

Familia: Hypocreaceae

Género: *Trichoderma*

## **Morfología**

El crecimiento de las colonias de *Trichoderma* generalmente es rápido, los tonos son típicamente verdes, gris o marrón, las hifas son septadas, generalmente hialinas, de pared lisa, los conidióforos en la mayoría de las especies con un eje principal muy ramificado, las fiálide son rectas, ampuliformes, ligeramente anchas en el centro, conidios unicelulares, típicamente de color verdes o hialinos, de

paredes lisas, ovoides o elipsoidales, clamidosporas abundantes, particularmente en medio de cultivo líquido, de forma elipsoidal, hialina o color amarillo o verde, de pared lisa. (Gamboa-Villa, 2017).

En el caso de *T. asperellum* después de siete días de incubación en medio de cultivo PDA, las colonias presentan 8 -9 cm diámetro; con formación de 2-3 anillos concéntricos y producción densa de conidios (López- Alcántara 2018)

*Trichoderma* produce tres tipos de propágulos, hifas, clamidosporas y esporas (conidios). La producción en masa del hongo consiste en obtener conidios, debido a la capacidad de resistencia a condiciones ambientales no favorables y la mayor viabilidad. Los conidios están formados por una gruesa pared exterior, constituida por tres capas: endospora, epispora, y perispore que protegen al protoplasto. (Allori *et al.*, 2017; Vassilev y Mendes, 2018).

#### **Requerimientos para el crecimiento de *Trichoderma asperellum***

Para optimizar el uso práctico de un agente de control biológico, es esencial comprender cómo el entorno físico afecta la supervivencia, el crecimiento y la reproducción del agente.

*Trichoderma* es un hongo aerobio que requiere ciertos nutrientes y condiciones ambientales para su adecuado crecimiento y reproducción. Principalmente, necesitan una fuente de carbono (almidón, pectina, celulosa), una fuente de nitrógeno (urea, nitritos, amoníaco y sulfato de amonio), y en concentraciones menores otros microelementos como hierro, zinc, cobre, molibdeno y manganeso (Noboa y Quelal, 2015).

Begoude *et al.* (2007) evaluaron la influencia combinada de los factores ambientales (pH, Temperatura y actividad del agua ( $a_w$ ) en el crecimiento de distintas cepas de *Trichoderma asperellum*. Para los cuatro cepas evaluadas observaron que los crecimientos mayores se daban con temperatura de 30 °C, pH entre 4,5 y 6,5 y con los valores máximos de  $a_w$  evaluados 0,995 y 0,980. Concluyeron que la  $a_w$  es el factor crucial en el crecimiento, a todas las temperaturas y a cualquier pH, todas las cepas mostraron una tasa de crecimiento decreciente al disminuir  $a_w$ .

La luz y su espectro influyen en el crecimiento y desarrollo de *Trichoderma*, fundamentalmente en la conidiación, proceso que es favorecido por el espectro azul. (Casas-Flores y Herrera-Estrella 2016)

## Control biológico: mecanismos

El potencial de *Trichoderma* como controlador biológico tuvo su comienzo con Weindling en 1930, si bien en las próximas tres décadas no hubo muchas investigaciones, a partir de 1970 se publicaron varios trabajos y diversos grupos de investigadores que demostraron la bioeficacia de «trichoderma» a campo (Mukherjee *et al.*, 2013).

Si bien las especies de *Trichoderma* presentan tres mecanismos principales contra los patógenos fúngicos, micoparasitismo, antibiosis y competencia, el mecanismo que despliega depende del hongo objetivo (Mukherjee *et al.* 2013).

a) **Micoparasitismo.** Es un proceso muy complejo que involucra numerosos genes y eventos secuenciales que dan la capacidad a que las especies de *Trichoderma* puedan nutrirse de otros hongos parasitando y degradando su pared celular por medio de la expresión de enzimas, principalmente quitinasas, gluacanasas y proteasas. Por ser la quitina el componente principal de la mayoría de las paredes celulares de los hongos, se ha atribuido un papel principal a las quitinasas en la actividad de control biológico de *Trichoderma* (Singh *et al.*, 2012). La interacción es específica y no simplemente una respuesta de contacto. El proceso involucra cuatro etapas, en la primera *Trichoderma* crece quimiotrópicamente hacia el hongo huésped, este proceso puede ser inducido por gradientes de nutrientes que surgen del hospedador. La secreción normal de enzimas por parte de *Trichoderma* en bajas concentraciones ocasiona que se degraden las paredes de los hongos y se liberen oligómeros. Posteriormente hay un reconocimiento de señales mediado por la unión de lectinas (oligómero) de la pared del hongo huésped y carbohidratos de *Trichoderma spp*, luego de la unión se desencadena la adherencia a las hifas del hospedador a través de cuerpos en espiral, ganchos y apresorios, por último, hay una secreción de enzimas que degradan la pared celular que facilitan la entrada de las hifas de *Trichoderma* al hongo huésped. Las especies de *Trichoderma* son los hongos micoparásitos más estudiados (Harman *et al.*, 2004; Singh *et al.*, 2012).

b) **Antibiosis y metabolitos secundarios.** Para competir y sobrevivir en su nicho ecológico, además de las enzimas, *Trichoderma* produce diversos compuestos, derivados del metabolismo

secundario, que ocasionan una merma en el crecimiento de otros hongos. La producción de metabolitos tóxicos difiere entre especies, cepas y también según las condiciones ambientales, tales como nutrientes, pH, temperatura y luminosidad. La mayoría de las cepas de *Trichoderma* producen metabolitos tóxicos volátiles y no volátiles. Entre estos metabolitos, se ha reportado ácido harziánico, alameticina, tricolin, peptaiboles, antibióticos, 6-pentil- $\alpha$ -pirona, massoilactona, viridina, gliovirina, glisoperonas, ácido heptéldico, entre otros (Zeilinger y Schumacher, 2013).

**c) Competencia por el espacio y nutrientes.** Considerado un mecanismo clásico en el control biológico, esta interacción ocurre cuando dos o más organismos compiten por beneficiarse de algún recurso ambiental, quedando limitante para otro. *Trichoderma* tiene gran capacidad para movilizar y absorber los nutrientes, lo que lo hace más eficiente y competitivo que muchos microorganismos. La alta tasa de crecimiento de *Trichoderma* le da la ventaja de colonizar el espacio (Harman *et al.*, 2006, Zeilinger y Schumacher, 2013). El hierro es un elemento necesario para los microorganismos, generalmente se encuentra en el ambiente microbiano como ion férrico (Fe+3), de este modo no está disponible para los microorganismos y las plantas. *Trichoderma* secreta moléculas llamadas sideróforos, estas tienen gran afinidad para secuestrar el hierro y convertirlo en biodisponible. Los sideróforos también ayudan a mejorar las actividades antagónicas, la competencia de la rizósfera y el crecimiento de las plantas (Zeilinger y Schumacher, 2013).

#### **Inductor de resistencia en plantas**

Además de poseer mecanismos que le permiten actuar de manera directa frente a patógenos, *Trichoderma* posee una manera indirecta para contrarrestar organismos fitopatógenos contribuyendo a la sanidad y al crecimiento vegetal.

Las plantas poseen mecanismos de defensa para contrarrestar el ataque de patógenos y herbívoros. Estudios revelaron que la interacción post inoculación entre algunas especies de *Trichoderma* y ciertas plantas desencadenaban mecanismos de resistencia ya sea en el mismo sitio de inoculación (Resistencia adquirida localizada RAL) como también en sitios distintos (Resistencia Sistémica Inducida).

Las cepas de *Trichoderma* capaces de establecer dicha interacción inducen cambios genómicos, metabólicos y estructurales. Entre los que se puede mencionar un aumento en la actividad peroxidasa y quitinasa, aumento de celobiosa (resiste la acción de enzimas alfa y beta glucosidasa) y celulosa en la superficie interna de la pared celular, ocasiona la acumulación en células de compuestos antimicrobianos como las fitoalexinas (grupo heterogéneo flavonoides, terpenoides, índoles) (Harman *et al.*, 2004 , Singh *et al.*, 2012, Zeilinger y Schumacher, 2013).

La inducción de resistencia de las plantas por colonización con algunas especies de *Trichoderma* es similar a la provocada por las rizobacterias, que mejoran el sistema de defensa, pero no involucran la producción de proteínas relacionadas con la patogénesis (Harman *et al.*, 2004).

### **Interacción endofítica con la planta y colonización de raíces**

Las raíces de las plantas producen y liberan compuestos a la rizósfera, se incluyen iones, oxígeno molecular, agua, enzimas, mucílagos y una variedad diversa de metabolitos primarios y secundarios que contienen carbono. Estas secreciones generan un entorno propicio para el desarrollo de microorganismos (Bais *et al.*, 2006). Uno de los principales carbohidratos secretados que se han encontrado en la raíz en altas concentraciones es la sacarosa, tanto hongos micorrízicos como *Trichoderma* utilizan este monosacárido como sustrato, la gran diferencia es que gracias a las enzimas invertasas que posee, *Trichoderma* tiene la capacidad de utilizar la sacarosa sin depender del metabolismo de la planta y es capaz de colonizar la raíz y establecer una interacción simbiótica (Vargas y Kenerley 2013).

*Trichoderma* se ha considerado por mucho tiempo como un saprofita común que habita el suelo y coloniza el sistema radicular de la planta. Se observó mediante microscopía electrónica que la interacción física entre *Trichoderma* y la planta se limitaba a las primeras capas celulares de la epidermis y la corteza exterior de la raíz. Las hifas de *Trichoderma* penetran en la corteza de la raíz, pero la colonización se detiene, probablemente por la deposición de barreras de callosidad por los tejidos vegetales circundantes (Singh *et al.*, 2012). Harman *et al.* (2004) caracterizaron a *Trichoderma* como un simbionte de plantas oportunista y avirulento (no desencadena enfermedad y a su vez

protege a las plantas de estas) al conocer la estrecha interacción entre el hongo y la planta. Esta interacción entre algunas especies de *Trichoderma* que se denomina endofitismo despierta mucho interés para aplicaciones en cultivos perennes (Bailey Melnick, 2013).

#### ***Trichoderma* promotor del crecimiento vegetal**

Los primeros informes de los efectos promotores de crecimiento de *Trichoderma* fueron en floricultura y cultivos hortícolas como ser el crisantemo, la vinca y pepino. *Trichoderma* tuvo impacto en la germinación, floración y crecimiento vegetativo (Bailey y Melnick, 2013).

Harman *et al.* (2004) reportan que *Trichoderma* aumenta el crecimiento de las plantas debido a un incremento en el número y crecimiento de las raíces que permiten mayor área de exploración optimizando la absorción de nutrientes y reduciendo de este modo el impacto negativo de factores bióticos y abióticos. El aumento del crecimiento radical puede explicarse debido a los metabolitos que libera, entre los cuales las auxinas tienen un rol protagónico en el crecimiento radical. También produce ácidos orgánicos, como los ácidos glucónico, cítrico o fumárico, que disminuyen el pH del suelo y permiten la solubilización de fosfatos, micronutrientes y cationes, minerales como hierro, manganeso y magnesio, útiles para el metabolismo de las plantas (Singh *et al.* 2012)

Otra manera indirecta de favorecer el crecimiento es mediante a la protección que brinda frente a patógenos, ya sea induciendo resistencia en la planta o actuando como barrera protectora. Estos mecanismos biocontroladores permiten ahorrar energía que tendría que ser invertida en la propia defensa y destinarla a procesos como el crecimiento y desarrollo (Singh *et al.*, 2012, Harman *et al.*, 2004).

La promoción del crecimiento de las plantas no es una característica universal de todas las cepas de *Trichoderma*, debido a la diversidad de relaciones simbióticas entre plantas y microorganismos, y a que la interacción entre las plantas y *Trichoderma* involucra el reconocimiento de moléculas de diversa naturaleza (Zeilinger y Schumacher, 2013).

#### **El bioinsumo *Trichoderma***

Verma *et al.* (2007), documentaron que 60% de los biofungicidas que están en el mercado son

elaborados a partir de *Trichoderma* spp. y el 40% restante corresponde a otros biofungicidas que tienen como principio activo bacterias, nemátodos y virus.

Los métodos de producción de desarrollados para obtener *Trichoderma* incluyen desde la multiplicación artesanal realizada por los mismos productores, la producción semi-industrial a mediana escala, hasta la producción industrial a gran escala que se realiza en empresas más grandes, para la cual se requiere de reactivos y equipos más especializados. La diferencia entre estos métodos no se manifiesta en la calidad del producto obtenido, sino más bien en los procesos empleados y en los volúmenes de producción; ya que si se realiza un buen control de calidad con cualquiera de los métodos se obtiene un producto de alta calidad (Monzón, 2004).

El proceso de cultivo de microorganismos para la obtención de biomasa (que en caso de *Trichoderma* son conidios) se denomina fermentación. Según el medio en el que se desarrollan los microorganismos pueden ser fermentación líquida, sólida o difásica.

Existen diferentes formulaciones, dependiendo del ingrediente activo, procesos de producción, el objetivo y el método de aplicación; cada formulación es específica para un determinado patógeno y está determinada por las características de este patógeno; el modo de acción del propágulo infeccioso es de vital importancia, ya que determina los requisitos para la elaboración de la formulación. También influye para la elección de la formulación, los tipos de propágulos y el modo de aplicación, si será aplicación foliar o del suelo; ya que las formulaciones foliares exigen mayores consideraciones que las formulaciones de aplicación en el suelo, siendo éstas más simples (López Alcántara 2018).

La función principal de una formulación es mantener los propágulos en un estado de baja actividad metabólica, viables y virulentos durante el mayor tiempo posible de almacenamiento en el empaque del producto final (vida útil), la cual, depende de la temperatura de almacenamiento, de los portadores utilizados en la formulación, el proceso de producción, así como, el método utilizado y las características de la cepa (López Alcántara 2018).

Las formulaciones básicas pueden ser líquidas y sólidas y están compuestas por tres tipos de componentes: el principio activo (microorganismo), el soporte o vehículo (sólido o líquido) y

coadyuvantes (inertes que tienen función protectora, dispersante, y adherente, entre otras (Monzón, 2004).

Las formas de presentación de los productos registrados a nivel mundial de *Trichoderma* spp. comúnmente son polvos humectables, granulados dispersables, concentrados emulsionables y pellets, los cuales tienen una vida útil de seis meses, almacenados a temperaturas inferiores a los 18 °C (Santos *et al.*, 2012).

#### **Aplicación de *Trichoderma***

La aplicación de la formulación es la manera de introducir al hongo en el ecosistema de la planta, para permitir la supervivencia o multiplicación es necesario que sea en las condiciones óptimas. En una aplicación eficiente se considera la biología del agente del control biológico, así como, las condiciones ambientales a las cuales son susceptibles; también se debe considerar, su modo de acción, la biología del patógeno objetivo, dosis, equipo y la frecuencia de aplicación.

Monzón (2004) recomienda que las primeras aplicaciones sean en dosis altas “inundativas” y de manera preventiva debido que al ser un organismo vivo los efectos no son inmediatos, luego se podrían aplicar en forma de «mantenimiento» para asegurar la presencia. La aplicación debe realizarse después de las cuatro de la tarde, para evitar que el sol (rayos UV) afecte al hongo aplicado y aprovechar la temperatura de la noche, la cual es más baja que durante el día lo cual favorece el establecimiento del hongo, la supervivencia y su multiplicación. La aplicación del hongo puede realizarse con bomba de mochila, motobomba o cualquier otro equipo de aplicación. Para conservar la calidad y efectividad de los productos a base de hongos éstos deben ser guardados en lugares frescos, secos y que no reciban la incidencia directa del sol, debido a que estos factores son desfavorables para los hongos.

## ACTIVIDADES REALIZADAS

Las actividades correspondientes a la pasantía se iniciaron a mediados de octubre de 2020 en la Biofábrica Misiones S. A. Se llevó a cabo la búsqueda y revisión bibliográfica general y específica sobre el hongo en estudio, el análisis de la empresa y el proceso de producción de plantines y de las tareas involucradas, se prestó colaboración en diversas tareas propias de la rutina del proceso de producción y se dio inicio a los ensayos con especies hortícolas. A continuación, se describen las tareas llevadas a cabo.

### **I. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA**

Se accedió principalmente a plataformas virtuales, debido a las restricciones impuestas por los decretos de DISPO. Se consultó Latindex, Repositorio digital de la Universidad Nacional de Córdoba, la Biblioteca electrónica de Ciencia y Tecnología (SeCyT) perteneciente al Ministerio de Educación y Tecnología de la Nación, a la biblioteca ScIELO y Google Scholar, entre otras.

Por otra parte, se consultaron las bibliotecas de la Biofábrica Misiones S. A., de la Facultad de Ciencias, Exactas, Químicas y Naturales y de la Facultad de Ciencias Forestales, ambas de la Universidad Nacional de Misiones y la biblioteca de la EEA del INTA de Cerro Azul, Misiones.

### **II. ANALISIS DE LA EMPRESA**

Biofábrica Misiones S. A. (Fig.1) es una empresa dedicada al desarrollo de biotecnología y productos biotecnológicos, específicamente a la investigación, desarrollo de conocimiento, conservación y propagación masiva de plantas elite a partir de técnicas biotecnológicas, para la mejora productiva agroindustrial, la conservación o restauración ambiental. Pone en valor la experiencia acumulada y se enfoca en la transferencia y asistencia tecnológica ligada a la agrobiotecnología, destacando su rol de promoción y difusión del uso de esta herramienta.



Fig 1. Vista de la Biofábrica Misiones S. A.

Fuente: <https://misionesonline.net/2015/08/31/la-biofabrica-es-un-socio-estrategico-que-hoy-cualquier-sector-agroindustrial-quisiera-tener/>

Biofábrica cuenta con un laboratorio destinado a la propagación vegetal por técnicas de cultivo *in vitro*, cámaras de crecimiento y viveros con tecnología moderna para la aclimatación y rustificación de los plantines. Se dedica a la investigación, producción y comercialización de productos y servicios a base de procesos biotecnológicos, con mención especial la producción de *Trichoderma*.

En cuanto a la ubicación la Biofábrica se encuentra en un lugar estratégico, sobre la ruta 12 km 7,5 en el Barrio Miguel Lanús, a pocos minutos del centro de Posadas (Fig. 2). Las vías de acceso son excelentes, totalmente asfaltadas desde la entrada hasta las áreas productivas, lo que evita problemas de logística por impedimentos en el transito durante días/épocas lluviosas. El hecho de estar ubicada en inmediaciones a la urbe, permite la disponibilidad de mano de obra, menor costo de transporte para funcionarios y operarios además del abastecimiento de insumos y servicios para el funcionamiento productivo. Cabe mencionar, además, que la empresa se encuentra al lado de la terminal de transferencia de ómnibus, lo que significa accesibilidad tanto para operarios como clientes.



Fig. 2. Ubicación de la Biofábrica Misiones S.A.

El terreno se encuentra totalmente sistematizado y asfaltado, tiene una topografía ligeramente plana con excelente capacidad de drenaje de aguas pluviales.

El agua, principal insumo en la producción de viveros, es abastecida por la red de agua potable y también por una perforación. Además, cuentan con un tanque australiano con capacidad para 60000 litros en el cual se podría almacenar agua de lluvia (Fig. 3).



Fig. 3. Tanque australiano

La energía eléctrica está acoplada a la red trifásica y monofásica. Con respecto a las estructuras de producción, aquellas utilizadas directamente para la producción de plantines, en la Biofabrica hay siete módulos con distintos fines productivos que varían principalmente en la tecnología implementada. El módulo 2 está exclusivamente destinado a la producción de plantines hortícolas. Según la clasificación de Baudoïn *et al.* (2002) por la forma, el invernadero es del tipo, arco en punta con paredes verticales laterales, por el acoplamiento de modulos también llamados multicapilla (Fig 4)



Fig. 4. Vista de frente de los invernaderos.

. Cada módulo compuesto por dos invernaderos «acoplados», tiene una dimensión de 20 m x 40 m. Tiene una dimensión productiva de 800 m<sup>2</sup>. La estructura es de acero galvanizado, recubierto con cubierta de plástico (PEBD) de 200 µm.

Dentro del invernadero poseen mallas de sombreo de polipropileno de color negro con 50% de porcentaje de sombra, las mismas están divididas por tramos y pueden ser corridas manualmente.

Está orientado con dirección NO-SE. El flanco Norte está cubierto por vegetación arbórea natural, la cual actúa como cortina rompeviento disminuyendo la intensidad de los vientos predominantes que en esta zona provienen del Norte. Para permitir la aireación tienen ventanas laterales con cortinas enrollables accionadas manualmente por medio de manivelas. También posee aberturas en la parte superior de los frentes. Posee malla antiáfidos, la cual presenta como inconveniente menor la circulación del aire que repercute en mayor temperatura y humedad del aire como así también en la composición del aire interior con especial importancia el CO<sub>2</sub>. El interior del invernadero se encuentra completamente asfaltado, posee una leve pendiente y canaletas para drenar el exceso de agua proveniente del riego.

La producción de plantines se lleva a cabo dentro de los invernaderos, por ende, según la clasificación son almácigos modificados en contenedores, en este caso también llamadas bandejas de germinación (Speedling). Las bandejas están apoyadas sobre bancales, estructuras construidas para evitar el contacto de las bandejas con el suelo del invernadero, manteniendo las bandejas suspendidas, lo que facilita el drenaje y también mejora la ergonomía de trabajo en las tareas culturales. Las estructuras son metálicas, sostienen los alambres que están tensados, para que puedan soportar las bandejas (Fig. 5).



Fig. 5 Bandejas sobre los bancales.

Las bandejas utilizadas son de plástico termoformado de color negro, tienen una dimensión de 280 mm x 545 mm y poseen 162 cavidades, cada una con un volumen aproximado de 17 cm<sup>3</sup> y en total cada bandeja tiene 2,754 cm<sup>3</sup>.

Las semillas proceden de semilleros reconocidos, en su mayoría de polinización abierta (OP) y algunas hibridas.

**Sistema de riego:** El riego se realiza por aspersión, el sistema está diseñado para permitir también la fertirrigación.

**Sustratos.** En cuanto a los sustratos empleados, en la producción de plantines hortícolas se opta por sustratos orgánicos, debido al bajo costo y a la disponibilidad en la zona. Se emplea corteza de pino compostada (CPC) y cascarilla de arroz carbonizada (CAC).

El compost de corteza de pino es el producto final del compostado de cortezas provenientes de aserraderos. Corteza es un término genérico que se da a la corteza interna o floema y a la corteza externa o ritidoma más las células suberosas o felema de los árboles (Bárbaro, 2011). En cuanto a propiedades física químicas, generalmente tiene pH ácido a neutro, en algunos casos si el pH está por debajo de 5,5 es necesario corregir con cal, caliza, dolomita u otro material que eleve el pH, en la mezcla utilizada en la biofábrica la CAC cumple esa función (función secundaria). Tiene una baja conductividad eléctrica (0,1 – 0,6 mS/cm), lo que indica que es pobre en nutrientes, esta es una característica deseable para el manejo.

Las propiedades físicas varían según el tamaño de partícula, aporta elevada porosidad, en varios estudios los valores son superiores al 80%, esto es una característica favorable para los sustratos siendo el óptimo entre 75 y 85% (Kratz *et al.*, 2013). La cuestión radica en el porcentaje de poros con aire y poros con capacidad de retención de agua. Los valores óptimos se encuentran entre 20 y 30% para poros de aireación y 24 a 40% para poros con capacidad de retención de agua. En el caso de la CPC, los valores de poros con aire se encuentran por encima del recomendado, es por eso que se mezcla con CAC para aportar capacidad de retención de agua fácilmente disponible.

La biofabrica se provee de cascarilla de arroz «cruda» de arroceras cercanas a la ciudad. La cascarilla de arroz carbonizada es el producto del proceso en el que somete a la cáscara cruda a altas temperaturas y bajas concentraciones de oxígeno, esta operación mejora la humectabilidad del material. El procedimiento se realiza al aire libre, para ello se utiliza un cilindro metálico hueco que posee perforaciones en su contorno y en la base (Fig. 6). Dentro del cilindro se introduce la leña que será encendida. Una vez que se alcanza el nivel deseado de brasas se coloca el montículo de cáscara cruda alrededor del cilindro, en este momento el montículo entra en contacto con la alta temperatura del metal y por falta de oxígeno se produce una combustión incompleta. Este procedimiento es constantemente vigilado por el operario encargado, para evitar que se produzcan llamas en el montículo y de esa manera cenizas que restan calidad al producto. Se remueve el montículo para obtener una carbonización homogénea. Una vez finalizada la operación se junta el material y se lo humedece para disminuir la temperatura.



Fig. 6. Producción de cascarilla de arroz carbonizada.

La cascarilla de arroz carbonizada mejora la capacidad de retención de agua en la mezcla con la cascara de pino compostada.

Tanto la cascarilla de arroz como la cáscara de pino compostada se «almacenan» en montículos que se tapan con una cobertura de plástico (Fig. 7).

Los sustratos son desinfectados después de la siembra con el fungicida preventivo Propamocarb.



Fig. 7. Montículos de cascarilla de arroz cruda en proceso de carbonización.

Todos los fertilizantes utilizados son hidrosolubles y se aplican por fertirriego, se utilizan de la línea Hakhaphos, cuya composición se presenta (Fig. 8), POLYFEED para invernadero, entre otros.

## Hakaphos®

### Máxima eficiencia para cada cultivo

Producto	Nitrógeno(N)			Fósforo	Potasio	Magnesio	Azufre	Manganoso	Zinc	Boro	Hierro	Cobre	Molibdeno
	Total	Nítrico	Amoniacal	(P2O5)	(K2O)	(MgO)	(SO3)	(Mn)	(Zn)	(B)	(Fe)	(Cu)	(Mo)
H.Violeta 13-40-13	13	4,3	8,7	40	13	0,1	1	0,05	0,019	0,01	0,05	0,019	0,001
H.Verde 15-10-15+2	15	3,9	11,1	10	15	2	31	0,05	0,019	0,01	0,05	0,019	0,001
H.Amarillo 17-5-19	17	7,2	9,8	5	19	1,4	23	0,05	0,019	0,01	0,05	0,019	0,001
H.Rojo 18-18-18	18	9,9	8,1	18	18	1	2	0,05	0,019	0,01	0,05	0,019	0,001
H.Naranja 15-5-30	15	10,2	4,8	5	30	1,3	9	0,05	0,019	0,01	0,05	0,019	0,001
H.Base 7-12-40+2	7	7	0	12	40	2	11	0,05	0,019	0,01	0,05	0,019	0,001

Fig. 8. Composición del fertilizante de la línea Hakaphos ®.

### III. DESARROLLO DE ENSAYOS PARA LA EVALUACIÓN DE *Trichoderma asperellum* Y DE UN FERTILIZANTE ORGÁNICO LÍQUIDO EN LA PRODUCCIÓN DE PLANTINES HORTÍCOLAS

A mediados de octubre de 2020, también se dio inicio a los ensayos con «lechuga» (*Latuca sativa*), «rúcula» (*Eruca vesicaria*), «perejil» (*Petroselinum crispum*), «acelga» (*Beta vulgaris var. Cicla*), «pimiento» (*Capsicum annuum*), «rabanito» (*Raphanus sativus*) y «tomate» (*Solanum lycopersicum*).

Debido a las altas temperaturas muchos plantines se vieron afectados lo cual influyó en los resultados,

razón por la cual se interrumpieron los ensayos. En abril de 2021, a finales de ese mes, se repitió el ensayo con una sola especie para poder finalizar la pasantía en la Biofábrica en el período acordado. La hortaliza elegida fue el «tomate». Se trabajó con la variedad Platense, (Fig 9) sus características agronómicas y su rusticidad lo convierten en la variedad de tomate redondo cultivada casi con exclusividad en todas las áreas productoras de Argentina, principalmente en huertas familiares (Cattáneo, 2020). El aroma y el sabor que posee le han permitido recobrar valor, en los últimos años, para el consumo en fresco (Ministerio de Agricultura Ganadería y Pesca, 2020).



Fig. 9. Recipiente conteniendo las semillas de tomate variedad Platense.

Los tratamientos se formularon por la combinación de los factores a estudiar:

Suspensión de *T. asperellum* (*Trichoderma*, en adelante). El producto empleado (*Trichoderma*) se presenta de forma sólida (Fig.10), es decir los conidios están adheridos al sustrato, que en el caso de la biofábrica es arroz partido (AP, en adelante). Cada gramo de arroz partido contiene como mínimo  $10^9$  unidades formadoras de colonia (UFC).



Fig. 10. Arroz partido con conidios de *Trichoderma*, presentación del producto.

Fertilizante orgánico foliar génesis top grow (GTG), la dosis recomendada por el marbete es de solución al 1%. En la Fig.11 se presenta la información nutricional.

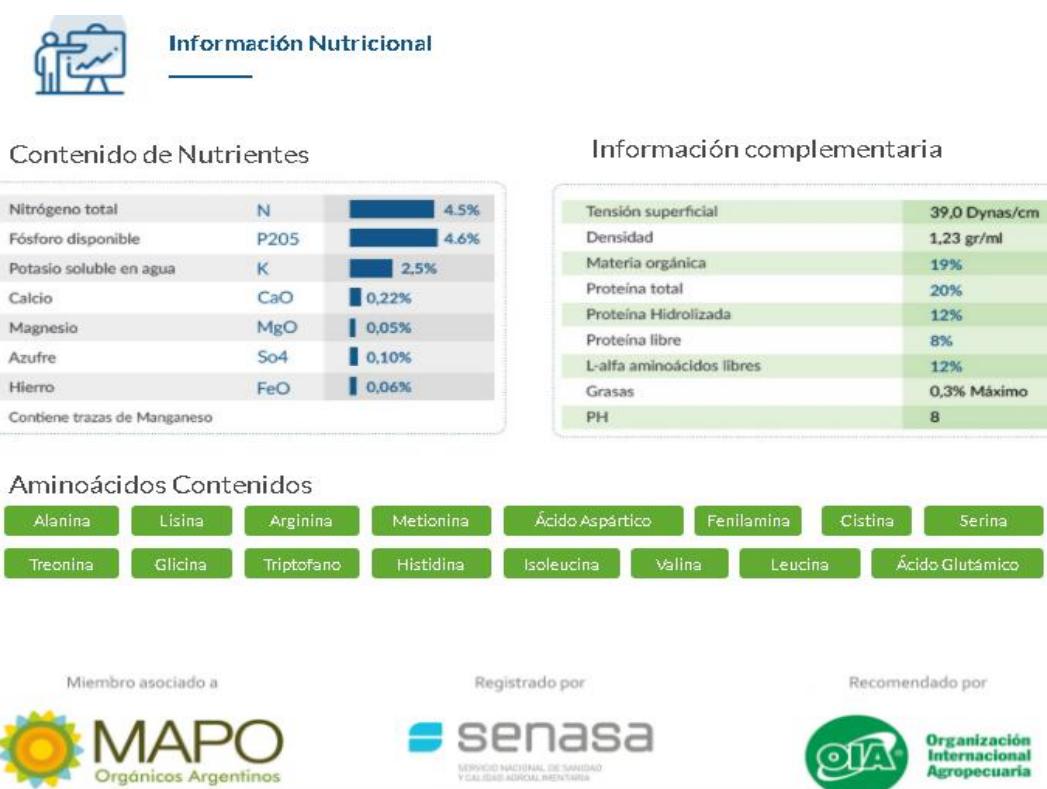


Fig. 11. Información nutricional del Fertilizante orgánico foliar. Fuente: <https://agro-sustentable.com/>

Fertilización convencional compuesta por un fertilizante para enraizamiento (Hakhaphos violeta) y otro para terminación (Hakhaphos amarillo) en ambos fertilizantes las dosis recomendadas por el marbete es de 2g/L .

El experimento se llevó a cabo siguiendo un diseño completamente aleatorizado. Se evaluaron seis **tratamientos**, los cuales se describen a continuación

Tratamiento 1: Corresponde a un testigo negativo.

Tratamiento 2: Sustrato inoculado con *Trichoderma* a razón de 1g AP por litro de sustrato, se estacionó durante 5 días. Aplicación de *Trichoderma* al momento de la siembra con la dosis anterior Aplicaciones semanales de *Trichoderma* a razón de 10 g de a por litro de agua (Trichoderma).

Tratamiento 3: Sustrato inoculado con *Trichoderma* a razón de 1g de AP por litro de sustrato, se estacionó durante 5 días. Aplicaciones de *Trichoderma* al momento de la siembra a razón de 1g de AP por litro de sustrato. Aplicaciones semanales de *Trichoderma* a razón de 10 g de AP por litro de agua. Fertilización cada 5 días con fertilizantes convencionales una vez que se haya registrado el 70% de plantines desplegando las hojas verdaderas. Se empleó una dosis de 2 g de fertilizante/ litro de agua (Trichoderma + F. conv.)

Tratamiento 4: Sustrato inoculado con *Trichoderma* a razón de 1g de AP por litro de sustrato, se estacionó durante 5 días. Aplicaciones de *Trichoderma* al momento de la siembra a razón de 1g de AP por litro de sustrato. Aplicaciones semanales de *Trichoderma* a razón de 10g de AP por litro de agua. Pulverizaciones foliares de GTG cada 5 días cuando se haya registrado el 70% de plantines desplegando las hojas verdaderas. La solución fue al 1%. (Trichoderma+ FOL).

Tratamiento 5: Sustrato sin inocular. Fertilización cada 5 días con fertilizantes convencionales una vez que se haya registrado el 70% de plantines desplegando las hojas verdaderas. Se empleará dosis de 2 gramos de fertilizante/ litro de agua. (F. convencional)

Tratamiento 6: Fertilizaciones con GTG cada 5 días cuando se haya registrado el 70% de plantines desplegando las hojas verdaderas. La solución fue al 1%. (FOL).

Por cada tratamiento se sembraron cuatro bandejas de 162 cavidades.

Las tareas realizadas en el contexto del experimento se agruparon en pre siembra, siembra, seguimiento, control y registro de datos y análisis de los resultados. Fue utilizado el software Microsoft Project para realizar las planificaciones y seguimiento de las tareas, como así también la asignación de recursos para informar previamente a los responsables de suministrar los mismos (Fig.12).

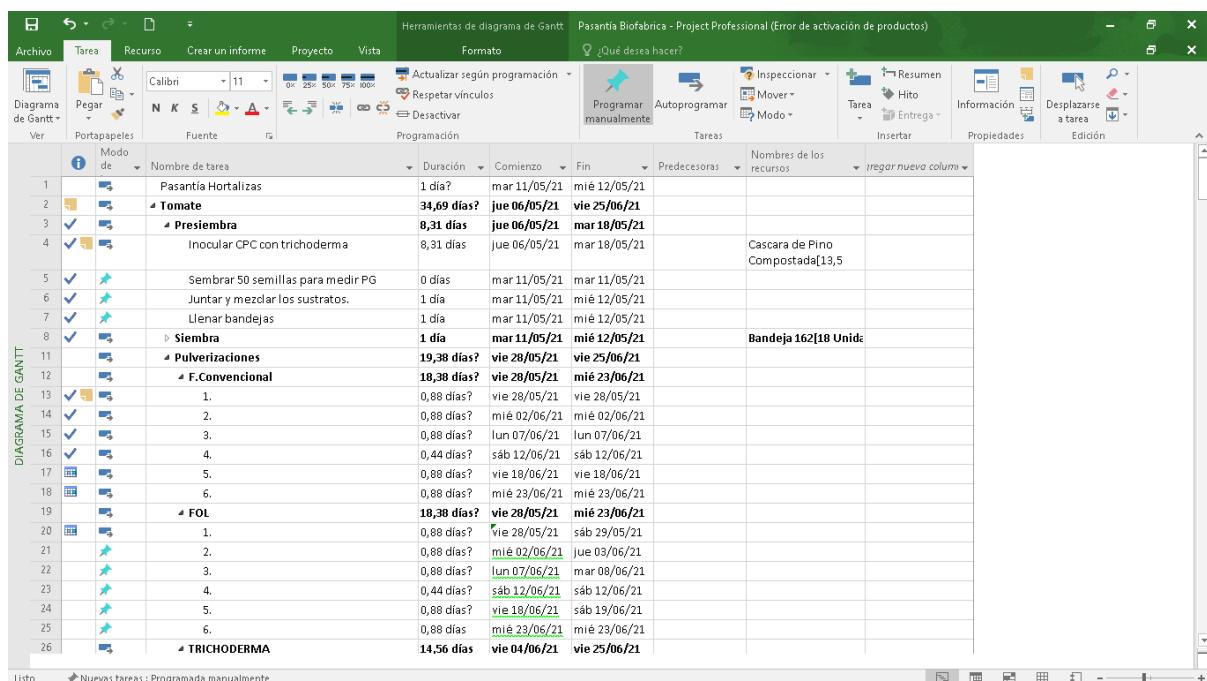


Fig. 12. Interfaz del Microsoft Project.

### a) Pre siembra

Se analizaron el pH y la conductividad eléctrica (CE) de los sustratos, por separado y de la mezcla. El pH se midió con un pHmetro de la marca Hanna modelo pHep+® HI 98108 y la CE con un conductímetro de la misma marca modelo HI98304 DiST 4. Se introdujeron en un recipiente 100mL de sustrato y 200mL de agua destilada (método 2:1), mezclando y dejando transcurrir 10 min se registraron los valores. Los datos arrojados para la CPC fueron 6,64 de pH y 0,46 mS/cm de CE. La CAC tuvo valores de pH y Ce de 7,43 y 0,11 mS/ cm. La mezcla de 50% CPC y 50% CAC registró 5,50 de pH y 0,23 mS/cm de CE. Los valores se encontraban dentro del rango óptimo.

Teniendo en cuenta el cronograma se realizó la colecta del sustrato (corteza de pino compostada) en cajas plásticas de 50 L (Fig.13), posteriormente la CPC se humedeció y se pulverizo con *Trichoderma* para los tratamientos correspondientes. Durante la inoculación se mezcló continuamente el sustrato para permitir una pulverización homogénea a todo el sustrato. Las cajas se taparon para conservar la humedad y se dejaron transcurrir 5 días en el galpón antes de la siembra. El humedecimiento y dejar transcurrir 5 días tienen la finalidad de permitir el establecimiento y colonización de *Trichoderma* en el sustrato, como así también dar tiempo a que *Trichoderma* despliegue sus mecanismos de control biológico frente a hongos patógenos.



Fig. 13. Colecta de la corteza de pino compostada.

#### Preparación de la suspensión de *Trichoderma*

En primer lugar, se pesó la cantidad de AP a utilizar, en el caso de aplicaciones al sustrato se pesó 1g de AP por litro de sustrato (corresponde 3g de AP por bandeja), en el caso de pulverización pos emergencia se calculaba 10g AP por Litro de agua. Luego se introdujo en una botella de plástico y se añadió agua (Fig. 14). Con respecto al agua, es aconsejable que no contenga cloro, en caso de utilizar agua potable, dejando reposar en un recipiente abierto por lo menos una hora bastaría para que se evapore el cloro.



Fig. 14. Preparación de la suspensión de *Trichoderma asperellum*.

Para provocar el desprendimiento de las esporas es necesario agitar enérgicamente la mezcla, hasta observar el tono blanquecino del arroz. Luego utilizando un embudo y una gaza se procede a filtrar para evitar que las partículas sólidas obstruyan el aspersor Fig 15. La suspensión es vertida dentro del aspersor. La inoculación se debía realizar a la brevedad, para evitar la mortandad de *Trichoderma* por falta de oxígeno. Como máximo dos horas después de la “preparación”.



Fig.15 Filtrado de la suspensión de *Trichoderma asperellum*.

Para realizar las aplicaciones, se empleó un pulverizador, marca Giber con capacidad para 1,5 L (Fig. 16), de uso exclusivo para *Trichoderma*.



Fig.16 pulverizador, marca Giber, empleado para realizar aplicaciones de *Trichoderma*.

### Preparación del sustrato

Transcurridos los 5 días se prepararon los sustratos. Se realizó la mezcla en proporción 50% cáscara de pino compostada y 50% de cascarilla de arroz carbonizada. En los ensayos la mezcla se realizó de manera manual por ser un volumen pequeño. Se añadió agua al sustrato hasta llegar al 40-50 % de humedad, condición necesaria para un correcto llenado de las bandejas. El grado de humedad se determinó por la «prueba del puño» (el puñado de sustrato debía escurrir pocas gotas).

Calibración de pulverización a las bandejas.

En esta etapa también se realizó la calibración para determinar la cantidad de agua necesaria para realizar una pulverización homogénea a cada bandeja saturando el sustrato. Quedo determinado 300ml por bandeja. Este valor fue considerado para realizar las pulverizaciones a las bandejas, tanto de *Trichoderma* como de los fertilizantes.

### **Llenado de bandejas**

Las bandejas de germinación (Fig. 17) se llenaron de manera homogénea, utilizando un recipiente de plástico. Luego de llenarlas se dejó caer suavemente la bandeja para que se asiente el sustrato, en caso de observarse celdas con menor contenido de sustrato se añadió para completar. Esta operación se llevó a cabo tanto en el galpón de insumos como en el invernadero. Las bandejas se ubicaron en los «bancales» de alambre.



Fig.17 Bandejas de siembra.

### **b) Siembra**

Con guantes y presionando suavemente el sustrato se realizó el orificio en el que se depositó la semilla. En esta operación quedó definida la profundidad de siembra, por ende, dado que debía ser uniforme, la presión ejercida con los dedos fue semejante en cada celda.

Debido a que la siembra se realizó de modo manual, la duración de esta operación estuvo condicionada por el tamaño y la forma de la semilla; así por las semillas pequeñas y alargadas, como por ejemplo las de lechuga, resultaron difícil de tomar con los dedos y dosificar una semilla por cavidad, lo más adecuado para garantizar homogeneidad en los plantines y rentabilidad en la producción (dado que sembrar más de una semilla por cavidad conlleva el empleo posterior de mano

de obra para realizar un raleo o repique, como así también el riesgo de diseminar enfermedades dado la vulnerabilidad que presentan estas operaciones.

Una vez depositadas las semillas en las cavidades de las bandejas, se pulverizó con una suspensión de *Trichoderma* a los tratamientos correspondientes, esta aplicación se realizó para asegurar la presencia de *Trichoderma* en el sustrato y en la superficie de la semilla “método inundativo”.

Luego de realizar la pulverización se llenaron las bandejas con sustrato para cubrir las semillas y se repetía la pulverización con la suspensión de *Trichoderma*. De este modo se aseguraba el aporte de humedad necesario para la imbibición, primera etapa del proceso de germinación.

Los días posteriores a la siembra se controlaba la humedad del sustrato y en caso de ser necesario se procedía a regar, con regaderas o aspersores.

### c) Actividades culturales posteriores a la siembra

**Control.** Dependiendo de las especies, las semillas comenzaban a germinar a partir de los 3 días después de la siembra (DDS); por ejemplo, entre 3 y 6 DDS en lechuga, 7 DDS en tomate y 14 DDS en pimiento y perejil. A partir del inicio de la emergencia, se realizó un monitoreo diario para observar el número de plantas por cavidad y en los casos en que hubo más de una se procedió a ralear las restantes. Además, se observaba presencia de plagas y enfermedades.

**Riego.** La periodicidad del riego estuvo condicionada por las condiciones ambientales, la especie y el crecimiento del plantín, entre otros factores.

El riego automatizado se realizó entre las 8 y las 9 am durante 6 min, este correspondía al primer riego, programado de este modo para los días con pronóstico soleado.

Los días en los que la temperatura fue alta, se realizó un segundo riego entre las 14:00 y 15:00.

En los últimos meses de 2020, varios días, fue necesario regar con mayor frecuencia y volumen de riego.

**Regulación de la intensidad lumínica.** Otra tarea diaria realizada era el desplazamiento de la media sombra, dependiendo principalmente de época del año y de la nubosidad. En etapas tempranas los plantines debían recibir menor intensidad de luz. Los plantines estuvieron protegidos de la incidencia

de los rayos solares las horas de máxima intensidad de radiación, de 11:00 a 15:00 en días con cielo despejado.

La aplicación de los tratamientos se llevó a cabo a través de pulverizaciones cuando los plantines comenzaron a desplegar las hojas. Las aplicaciones se realizaron en las primeras horas de la mañana, con un pulverizador Glber 1,5L. Todas las aplicaciones se realizaban cada 5 días, en caso de los tratamientos combinados de *Trichoderma* con fertilización convencional u orgánica, generalmente *Trichoderma* se aplicaba al día siguiente de la fertilización.

### **Fertilización**

Cuando el 70% de los plantines comenzaban a desplegar las primeras hojas verdaderas comenzaban las fertilizaciones. Las fertilizaciones eran hechas con un pulverizador.

En el caso de los tratamientos con fertilización convencional, las primeras tres fertilizaciones se realizaban con Hakaphos Violeta el cual contiene alto contenido en fosforo, para favorecer el enraizamiento. Las siguientes tres fertilizaciones se realizaron con Hakaphos Amarillo. La frecuencia de fertilización fue cada 5 días. En cada operación se pesaba el fertilizante para dosificar 2g de fertilizante por litro de agua, en el caso de no disponer de una balanza, añadía gradualmente el fertilizante al pulverizador con agua y corroboraba con un conductímetro que la conductividad eléctrica alcance 2,20 a 2,40 mS/cm (marbete del fertilizante).

En el caso del fertilizante orgánico líquido (FOL), extraía con una jeringa los mililitros necesarios para preparar una solución al 1% (recomendación del marbete para cultivos a campo), la fertilización la realizaba cada 5 días.

### **Pulverización de *Trichoderma***

Se realizaron aplicaciones con frecuencia de una vez por semana. La dosis fue de 10g/ litro de agua. Las aplicaciones semanales son aconsejables para evitar enfermedades de raíz según el Protocolo de aplicación de *Trichoderma* (Chiriboga *et al* 2015).

### **d) Registro de datos**

A los treinta y dos días después de la siembra, momento al cual los plantines se encontraban con dos a tres hojas verdaderas desplegadas, se dio por finalizado el ensayo. En este estadio los plantines están aptos para el trasplante a campo y en la empresa comienza el momento del despacho.

Excluyendo los plantines del borde de las bandejas, se tomaron al azar 40 plantines por tratamiento, 10 por cada bandeja.

Las raíces de las plantas que conformaban la muestra se lavaron suavemente para desprender el sustrato, después se colocaron sobre cartulina y se realizó el registro fotográfico.



Fig. 18 a. Plantines procedentes del tratamiento 1, testigo.



Fig. 18 b. Plantines procedentes del tratamiento 1, testigo.



Fig 19. Plantines procedentes del tratamiento 2, *Trichoderma*



Fig. 20. Plantines procedentes del tratamiento 2, *Trichoderma*



Fig. 21. Plantines procedentes del tratamiento 3 *Trichoderma + F. Convencional*



Fig. 22. Plantines procedentes del tratamiento 3 *Trichoderma + F.Convencional*



Fig. 23. Plantines procedentes del tratamiento 4 *Trichoderma + FOL*



Fig. 24. Plantines procedentes del tratamiento 4 *Trichoderma + FOL*



Fig. 25. Plantines procedentes del tratamiento 5 Fertilización convencional.



Fig. 26. Plantines procedentes del tratamiento 5 Fertilización convencional.



Fig.27 Plantines procedentes del tratamiento 6. FOL.

Se evaluaron las siguientes variables: altura del vástago, longitud de la raíz, peso seco del vástago y peso seco de la raíz.

Las fotografías tomadas en primera instancia se analizaron con el software de dominio público Image J, para determinar dimensiones altura del vástago y longitud de raíz.

Las muestras se introdujeron en sobres de papel debidamente etiquetados y se introdujeron en horno a 60 °C durante 2 días. Transcurrido este lapso se procedió a determinar el peso seco de las muestras. Para realizar los pesajes se utilizó una balanza analítica digital marca Want modelo FA2204H (Fig.28 ), cuya precesión es de 0,0001g/0,1 mg.



Fig 28. Pesaje en la balanza analítica digital marca Want modelo FA2204H

Se realizó un análisis descriptivo de los datos a través del cálculo de la media y del desvío estándar, posteriormente se llevó a cabo el ANOVA ( $p<0,05\%$ ) y en los casos en que la diferencia fue significativa, se compararon las medias a través de la prueba de Bonferroni. Para el análisis estadístico se empleó el programa Statgaphics Centurion 16.2.4.0

#### e) Análisis de los resultados

Al evaluar cada variable el ANOVA indicó diferencias significativas entre los tratamientos ( $P<0,05$ ).

##### **Altura del vástago**

En comparación al testigo, todos los tratamientos incrementaron el crecimiento en altura y produjeron una respuesta semejante al fertilizante convencional (Fig.29).

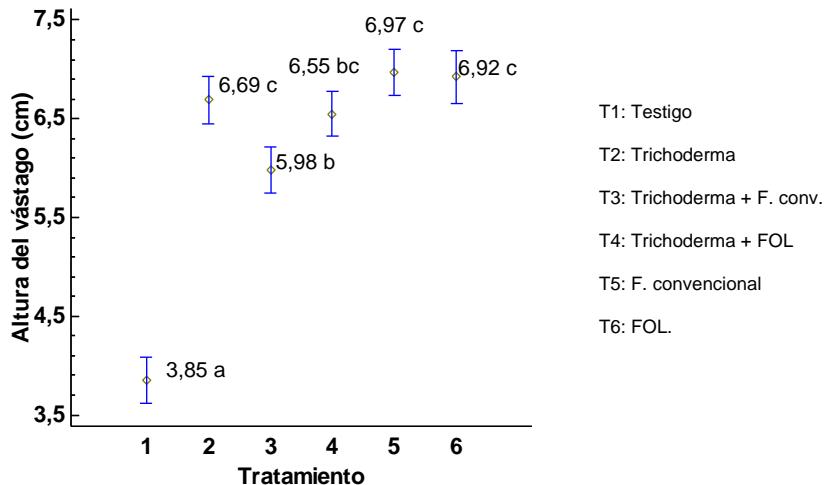


Fig. 29. Altura de los plantines de tomate.  
Letras diferentes indican diferencias significativas ( $p<0,05$ ).

#### Longitud de las raíces de los plantines de tomate

Los tratamientos con fertilizante orgánico aplicado solo o con *trichoderma* produjeron una respuesta semejante al fertilizante convencional (Fig. 30), incrementándola; sin embargo, esta variable debe ser evaluada junto al peso seco de la raíces porque se presentaron plantines con raíces largas pero el sistema radical en conjunto era reducido. El fertilizante orgánico solo no promovió el desarrollo de las raíces (Fig.). La longitud de las raíces superó la altura de las bandejas.

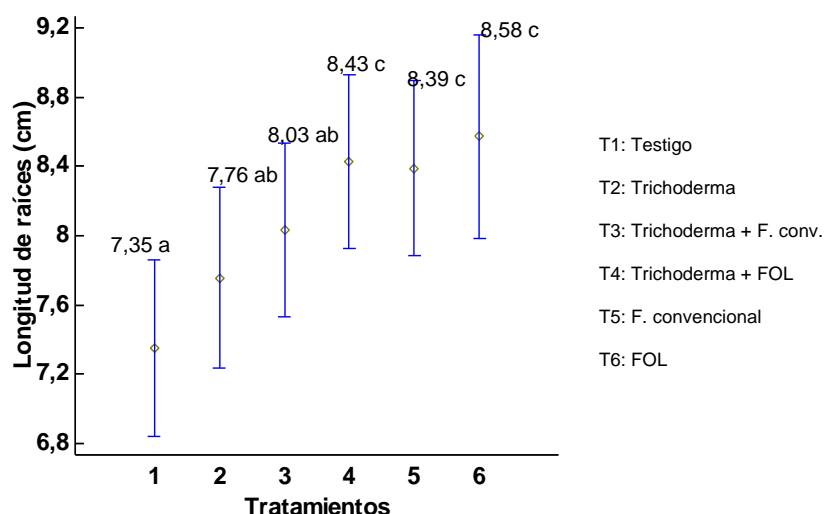


Fig. 30. Longitud de las raíces de los plantines de tomate.  
Letras diferentes indican diferencias significativas ( $p<0,05$ )

### Peso seco del vástagos

La fertilización convencional y trichoderma promovieron la acumulación de materia seca.

El fertilizante orgánico líquido no promovió el crecimiento, se registró la misma respuesta que con el testigo (Fig. 31).

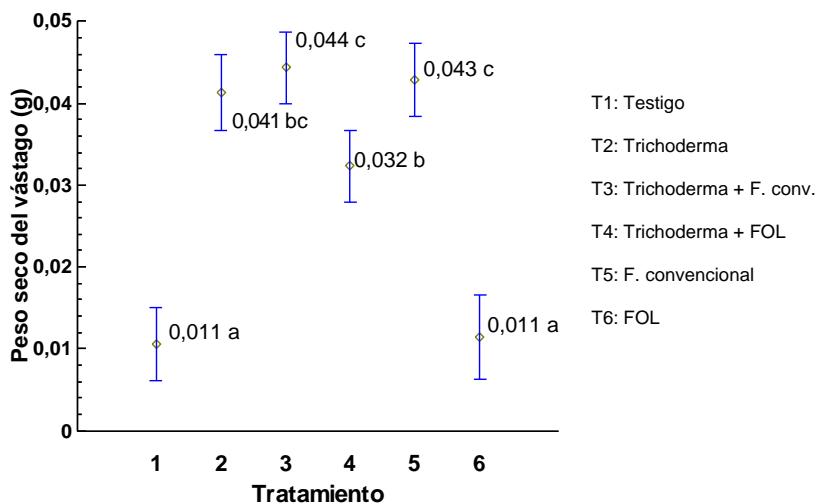


Fig. 31. Peso seco del vástagos de los plantines de tomate.  
Letras diferentes indican diferencias significativas ( $p<0,05$ )

### Peso seco de la raíz

La aplicación de tratamientos con trichoderma fue beneficiosa para impulsar la acumulación de materia seca.

El fertilizante orgánico líquido no promovió el crecimiento en materia seca de la raíz, se registró la misma respuesta que con el testigo (Fig. 32).

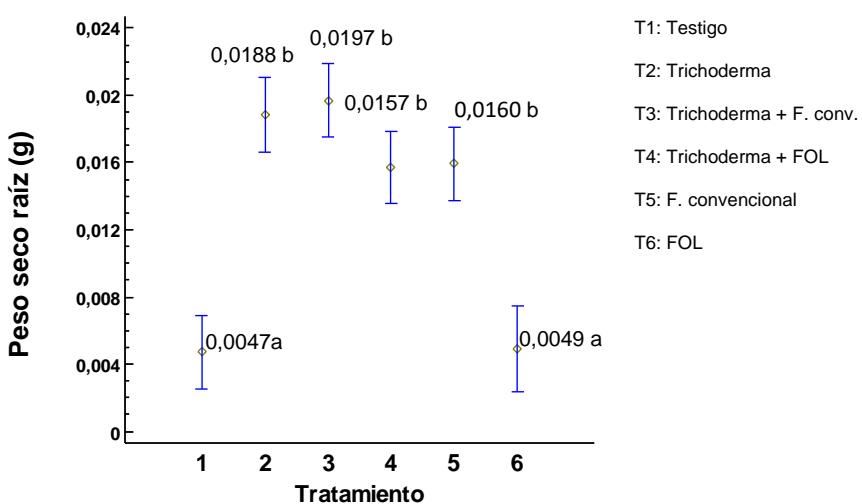


Fig. 32. Peso seco de la raíz de los plantines de tomate.  
Letras diferentes indican diferencias significativas ( $p<0,05$ )

## f) Conclusiones

La combinación de Trichoderma con el fertilizante convencional produjo los mayores incrementos de materia seca, tanto en el vástago como en la raíz.

Sería importante evaluar estos tratamientos con otras especies hortícolas.

Sería conveniente evaluar otras dosis de fertilizante y con sustratos.

Con el modo en que fue empleado el fertilizante orgánico líquido, es decir la frecuencia de aplicación llevada a cabo, la dosis empleada y el sustrato usado, no tuvo una respuesta satisfactoria en el crecimiento.

## SUGERENCIAS A LA EMPRESA

A partir del análisis llevado a cabo y de la ejecución del ensayo con una hortaliza tomada como modelo de estudio, *Licopersicum esculentum* var. Platense, «tomate», surgen, con el objeto de mejorar el proceso productivo de la Biofábrica Misiones S.A., las sugerencias que se exponen a continuación.

- Realizar análisis de calidad de agua.
- Realizar análisis de características de los sustratos con especial atención en las propiedades físicas. El análisis tendría como objetivo contar con información más precisa que permita mejorar el manejo del riego.
- Emplear semillas peletizadas.

La peletización es un tratamiento que consiste en el revestimiento de la semilla con un material seco, inerte de granulometría fina y un material cementante (adhesivo), permite dar a las semillas una forma redondeada de mayor tamaño, facilitando así su siembra, sea manual o mecánica. En contraste con las semillas desnudas las semillas peletizadas son distribuidas con mayor precisión y uniformidad.

De este modo se mejoraría la operación de siembra y la de raleo sería minimizada o totalmente eliminada.

- Fraccionar el contenido de los contenedores de semillas.

Con el fin de preservar la calidad de las semillas, una vez abiertos los recipientes debería fraccionarse el contenido en frascos más pequeños; así no se expondría a todo el lote de semillas a sufrir pérdida de calidad, por manipulación, exposición a la humedad o contaminación. Después de cada siembra, las semillas sobrantes nunca deberían ser introducidas nuevamente al frasco.

- Almacenar los frascos que contienen semillas en lugares que permitan la adecuada conservación de la calidad fisiológica y sanitaria de las mismas.
- Automatizar la siembra.

La siembra empleando una máquina sembradora aumentaría la producción diaria, minimizaría el desperdicio de semillas y reduciría la mano de obra (entre otros beneficios).

- Disponer de un lugar que sea exclusivo para realizar las siembras (galpón de siembra).

Este lugar debería contar con todos los equipamientos e insumos necesarios para tal operación, incluso con una cámara de germinación.

- Disponer de un lugar que sea exclusivo para realizar la desinfección de bandejas usadas.
- Incorporar un equipo de desinfección física para sustratos; a vapor de agua o colector solar.
- Instalar media sombra por fuera del invernadero para reducir la temperatura en los meses cálidos, en lo posible que sea móvil o con accionamiento mecánico.
- Implementar el uso de trampas cromáticas para monitorear insectos.
- Aplicar *Trichoderma* en horas en que la radiación solar sea baja. Se aconsejan las últimas horas de sol o, respetando el ritmo de trabajo de la empresa, las primeras horas del día.

• Evaluar la compatibilidad de *Trichoderma* con los fungicidas utilizados de modo rutinario, con las dosis empleadas.

• Agregar al sustrato un componente que mejore la colonización de *Trichoderma*, el cual podría ser compost orgánico o humus.

• Reducir el tránsito de operarios dentro de los invernaderos.

• Evaluar frecuencias de aplicación *Trichoderma*.

• Evaluar la población inicial y final de *Trichoderma* en los sustrato

## OPINIÓN DEL ASESOR



18/11/2021

**Facultad de Ciencias Agrarias  
Universidad Nacional del Nordeste  
Autoridades que lo requieran**

Por la presente, yo, Guillermo R. Salvatierra como responsable de orientar la presente pasantía en Biofábrica Misiones S.A., informo que: en el marco de Trabajo final de graduación para acceder al título de Ingeniero agrónomo, Modalidad PASANTÍA, del Sr. Juan Nicolás Amarilla, el mismo ha cumplido normalmente, con la carga horaria asignada, para el desarrollo de la línea de estudio y con las tareas asignadas, superando los objetivos planteados, mostrando iniciativa, solvencia y motivación. Asegurando el desarrollo y minuciosa toma de datos para garantizar el análisis de las condiciones de estudio.

En nombre de Biofábrica Misiones S.A. a quien represento, agradezco de manera especial la consideración del aspirante y de la institución de enseñanza superior por seleccionarnos para ser parte en este proceso y quedo a su disposición en caso de ser necesaria cualquier aclaración o información adicional.

Salvatierra Guillermo Rafael  
Licenciado en Genética  
Matrícula Prof. N° 065  
PhD Genética y Mejoramiento de Plantas  
Colegio de Licenciados en Genética  
de la Provincia de Misiones

## BIBLIOGRAFÍA

Adlercreutz, E., Huarte R.D., López C.A., Manzo E., Szczesny A., & Viglianchino L. (2014). *Producción hortícola bajo cubierta.* INTA [https://inta.gob.ar/sites/default/files/script-tmp-inta-prod\\_hort\\_bc.pdf](https://inta.gob.ar/sites/default/files/script-tmp-inta-prod_hort_bc.pdf)

Agrios, G. (1998). Efecto del ambiente en la producción de las enfermedades infecciosas. En Fitopatología; 3<sup>ª</sup>ed. (pp 149-156). Editorial Limusa Mexico

Allori, S.E., Yasem de Romero, M.G. & Ploper, L.D. (2017). Evaluación de sustratos para la producción de esporas de *Trichoderma* y estudio del crecimiento en arroz de las cepas antagónicas TPT03, TPT02, MRT35 y MRT40. Revista Agronómica del Noroeste Argentino. 37(1): 57-66.

Bailey, B.A. & Melnick R.L. (2013). The endophytic Trichoderma. En Mukherjee P.K., Horwitz B.A., Singh U.S., Mukherjee M., Schmoll M (Eds). *Trichoderma: Biology and Applications.* (pp152-172) CABI, Walingford, UK.

Bais, H.P., Weir T.L., Perry L.G., Gilroy S., & Vivanco J.M. (2006). The role of root exudates in rhizosphere interactions with plants and other organisms. Annual review of plant biology. 57, 233–66.

Baixauli-Soria, C. & Aguilar-Oliver, J.M. (2002). Cultivo sin suelo de hortalizas: Aspectos prácticos y experiencias. *Generalitat valenciana.*

Barbaro, L.A. (2011). Desarrollo de sustratos sin suelo para cultivo en macetas de plantas florales.[Tesis de maestría Facultad de Ciencias Agrarias Universidad Nacional del Litoral]  
<https://bibliotecavirtual.unl.edu.ar:8443/handle/11185/288>

Baudoin, W., Grafiadelis, M., Jiménez, R., la Malfa, G., Martínez, P.F., Monteiro, A.A., Nosen, A., Verlodd, H., de Villele, O., von Zabeltitz, C. & Garnaud, J.C. (2002). El cultivo protegido en clima mediterráneo. Serie Estudios, Dirección de Producción y Protección Vegetal, núm. 90, FAO, Roma, 323p. <http://www.fao.org/docrep/005/s8630s/s8630s00.htm>

Brambilla, L., Daorden M.E. & Babbitt S. (2012) Buenas prácticas agrícolas para viveros. INTA EEA San Pedro.

Begoude, B.A.D., Lahlali R., Friel D., Tondje P.R., & Jijakli M.H (2007). Response surface methodology study of the combined effects of temperature, pH, and aw on the growth rate of *Trichoderma asperellum*. *Journal of applied microbiology* 103 (4), 845-854

Biofábrica S.A. (2020). [Disponible: <https://biofabrica.misiones.gob.ar/>]. [Consulta: 29/09/2020].

Cardoso, A.I.I, Diaz Abreu Dorizzotto C. & Oliveira Freitas Bueno R. (2016). Manejo de Pragas. Em: Nascimento W.M, Pereira R.B (Eds.), *Produção de mudas de hortaliças* (pp 89-102). Embrapa Hortaliças.

Casas-Flores S., & Herrera Estrella A., (2013) The influence of Light on the Biology of Trichoderma. En Mukherjee P.K., Horwitz B.A., Singh U.S., Mukherjee M., Schmoll M (Eds). *Trichoderma: Biology and Applications*. (pp. 43-66) CABI, Walingford, UK.

Cattáneo, R.M.A (2020). Análisis y registro de la biodiversidad de la producción hortícola platense de la provincia de Buenos Aires: estudio del tomate 'platense' [Tesis doctoral Universidad Nacional de La Plata Facultad de Ciencias Exactas]

Cavallaro Júnior, M.L. (2016). Nutrição. Em: Nascimento W.M, Pereira R.B (Eds), *Produção de mudas de hortaliças* (pp 89-102). Embrapa Hortaliças.

Chaverri P., Gazis R.O., & Samuels G.J. (2011). *Trichoderma amazonicum*, a new endophytic species on *Hevea brasiliensis* and *H. guianensis* from the Amazon basin. *Mycologia*. 103 (1), 139-151.

Chahin A., María Gabriela, Riquelme., Ismael & Diaz R., Pilar (Dic. 2019) *Producción de plantines de hortalizas* [en línea]. Temuco: Informativo INIA Carillanca. Nº 110. Disponible en: <https://biblioteca.inia.cl/handle/123456789/5017> (Consultado: 25 octubre 2021).

Chiriboga, H.P., Gomez G.B. & Garcés K.E (2015). Protocolos para formulación y aplicación del bio-insumo: Trichoderma spp. Para el control biológico de enfermedades. Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura (IICA). Paraguay. Disponible en: <https://repositorio.iica.int/bitstream/handle/11324/2647/BVE17038725e.pdf?sequence=1> (Consultado: 7 octubre 2021)

Druzhinina, I.S., Kopchinskiy A.G. & Kubicek C.P (2006). The first 100 *Trichoderma* species characterized by molecular data. *Mycoscience* 47, 55–64.

DeFacio P., Pickerel L., Rhyn SM (2002). Greenhouse Operation and Management. Volumen 34 NUMERO 2. University of Missouri

FAO y Africa Seeds. (2019). Materiales para capacitación en semillas - Módulo 3: Control de calidad y certificación de semillas. Roma. (p. 5). <https://www.fao.org/3/ca1492es/CA1492ES.pdf>

Fernandes de Araujo Koch E. & Machado Menten O. (2016) Manejo de doenças. Em: Nascimento W.M, Pereira R.B (Eds), *Produção de mudas de hortaliças*. Embrapa Hortaliças (pp 129-150)

Harman, G.E., Howell C.R., Viterbo A., Chet I. & Matteo L. (2004). *Trichoderma Species Opportunistic, Avirulent Plant Symbionts*. *Nature Reviews Microbiology* 2, 43–56. <https://doi.org/10.1038/nrmicro797>

Harman, G.E, R Petzoldt, A Comis & Chen J. (2004). Interactions Between *Trichoderma harzianum* strain T22 and maize inbred line Mo17 and effects of these interactions on diseases caused by *Pythium ultimum* and *Colletotrichum graminicola*. *Phytopath.* 94:147-153. 32. [Disponible: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/18943537/>]. [Consulta: 18/09/2020].

Harman, GE. (2006). Overview of mechanisms and uses of *Trichoderma* spp. *Phytopath.* 96:190-194. [Disponible: <https://apsjournals.apsnet.org/doi/pdf/10.1094/PHYTO-96-019.0>]. [Consulta: 18/09/2020].

INTA Bella Vista (2021 18 de junio). Concepto y propiedades de los sustratos - Ing. Agr. MSc. Lorena A. Barbaro - (INTA EEA Cerro Azul). [VIDEO] YouTube [https://www.youtube.com/watch?v=fqKS1od9OU4&t=3144s&ab\\_channel=INTABellaVista](https://www.youtube.com/watch?v=fqKS1od9OU4&t=3144s&ab_channel=INTABellaVista)

Kafkafi U. & Tarchitzky J. (2012). *Fertirrigación: Una herramienta para una eficiente fertilización y manejo de agua* (R.J., Melgar, Trad.;1<sup>a</sup>ed). Instituto internacional del potasio & Asociación internacional de la industria de fertilizantes.

Kratz D., Wendling I., Nogueira A.C & e De Souza P.V. (2013). Propriedades físicas e químicas de substratos renováveis. *Revista Árvore*, Viçosa-MG, v. 37, n.6.

Laboratorio Agrícola Venado Tuerto. Índice calidad agua riego. <http://www.laboratoriovenado.com.ar/index.php/aguas/indice-calidad-agua-riego>

Leskovar, D.I. Sharma S.P. (2016). Manejo de irrigação para produção de mudas em estufa (E., Auan, Trad). En Nascimento W.M, Pereira R.B (Eds., *Produção de mudas de hortaliças* (pp 109-122). Embrapa Hortaliças

López Alcántara, Y.M. (2018). Producción y formulación de *Trichoderma asperellum* para el manejo de patógenos de la raíz de caña de azúcar. [Tesis de grado. Universidad autónoma del estado de Morelos].

Manual de Buenas Prácticas Agrícolas (2010). Servicio Nacional de Sanidad y Calidad Agroalimentaria SENASA.

Melgarejo Moreno, P., Navarro Quercop A., Legua Murcia P & Lidon Noguera V (2002). La iluminación en los invernaderos. Universidad Miguel Hernández.

Mengel, K. & Kirkby E.A (2000). *Principios de nutrición vegetal* (R.J., Melgar, Trad.; 4<sup>a</sup>ed ). Instituto Internacional del Potasio.

Ministerio de Agricultura Ganadería y Pesca (2020) La producción de tomate en la Argentina. <https://www.argentina.gob.ar/sites/default/files/produccion-tomate-argentina-diciembre-2020.pdf>.

Mondino M.C., Ferratto J., Babbit S. & Ortiz Mackinson M. (2008). *Protocolo para la producción comercial de plantines de hortalizas con cepellón*. Publicacion N 43. EEA INTA Oliveros.

Monzón, A. (2004). Producción de hongos entomopatógenos. *Fundación para el Desarrollo Tecnológico Agropecuario y Forestal de Nicaragua. Universidad Agraria*. 63 p.7.

Mukherjee, P.K., Horwitz B.A., Singh U.S., Mukherjee M. & Schmoll M (2013) Molecular tools in *Trichoderma* Genetic Studies. En Mukherjee P.K., Horwitz B.A., Singh U.S., Mukherjee M., Schmoll M (Eds). *Trichoderma: Biology and Applications* (pp1-6) CABI, Walingford, UK.

Nascimento, W.M., Pereira da Silva P., Cantiliffe D.J (2016). Qualidade das sementes e estabelecimento de plantas. En W.M Nascimento, R.B Pereira (Eds), *Produção de mudas de hortaliças* (pp 57-80). Embrapa Hortaliças.

Noboa, G.G.P. & Quelal, G.A.D. (2015). Diseño e implementación de un protocolo para mejorar la producción y conservación de *Beauveria bassiana* y *Trichoderma harzianum* como aporte a los productores de café orgánico de la asociación "RÍO INTAG", Cantón, Cotacachi. Tesis de

Licenciatura en Biotecnología de los Recursos Naturales. Universidad Politécnica Salesiana Sede Quito. Ecuador. 120 p.

Olgún, G.S & Torres S.A (2000). Producción de almácigos en cultivos hortícolas. Instituto de investigaciones Agropecuarias Centro Regional de investigación Intihuasi. Vallenar, Chile.

Pita, V.J.M. & Pérez G. Félix (1998). Germinación de semillas. Hojas divulgadoras (España. Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación) Número 2090.

Reis, E.M., Casa Trezzi R. & Carmona M.A. (2002). Elementos para el manejo de enfermedades. En S.J Sarandón (Ed) *Agroecología: El camino para una agricultura sustentable* (pp 275-308). Ediciones Científicas Americanas.

Resolución Nº 7/2013. SAGyP <https://www.argentina.gob.ar/normativa/nacional/resoluci%C3%B3n-7-2013-223805/texto>.

Romero, F.R (2004). *Manejo Integrado de Plagas: La base, sus conceptos, su mercantilización.* Universidad Autónoma Chapingo

Santos A., García, M., Cortes, A.M. y Villamizar, L. (2012). Efecto de la formulación sobre la vida útil de bioplaguicidas a base de dos aislamientos colombianos de *Trichoderma koningiopsis* Th003 y *Trichoderma asperellum* Th034. Revista Iberoamericana de Micología. 29 (3).

Setti de Liz R. & Alves Carrijo O. (2008). Substratos para produçao de mudas e cultivo de hortaliças. Brasilia: Embrapa Hortaliças.

Shaxson F. & Barber, R. (2005). Optimización de la humedad del suelo para la producción vegetal, el significado de la porosidad del suelo. FAO. Roma, Italia. 105 p.

Singh, H.B., Singh B.N., Singh S.P & Sarma B.K. (2012). Exploring Different Avenues Of *Trichoderma* As A Potent Biofungal And Plant Growth Promoting Candidate-An Overview. *Annual Review of Phytopathology* Vol. 5, 2012.

Steiger, M.G (2013) Molecular tools in *Trichoderma* Genetic Studies. En Mukherjee P.K., Horwitz B.A., Singh U.S., Mukherjee M., Schmoll M (Eds) . *Trichoderma: Biology and Applications.*(pp128-140) CABI, Walingford, UK.

Terenti, O. (2004). Calidad de semilla, qué implica y cómo evaluarla. *Boletín informativo E.E.A. INTA San Luis 1(2)*. [www.produccion-animal.com.ar](http://www.produccion-animal.com.ar).

Terrafertil (2015). Uso de sustratos. [Disponible en [https://www.terrafertil.com/informacion\\_manejo\\_sustratos.html](https://www.terrafertil.com/informacion_manejo_sustratos.html)]. [Consulta: 20/09/2021].

Vargas, W.A., Laughlin D. & Kenerley C.M (2013). Trichoderma in the Rhizosphere: Looking for sugar ?. En Mukherjee P.K., Horwitz B.A., Singh U.S., Mukherjee M., Schmoll M (Eds). *Trichoderma: Biology and Applications* (pp144-155) CABI, Walingford, UK.

Vassilev, N. & Mendes, G.O. (2018). Solid-state fermentation and plant-beneficial microorganisms. En: Pandey, A., Larroche, C. & Soccol, C. (Eds.), *Current Developments in Biotechnology and Bioengineering*. Copyright.

Vavrina, C. (2011). An Introduction to the Production of Containerized Vegetable Transplants 1.

Verma, M., Brar S. K., Tyagi R. D., Surampalli, R. Y. & Valéro, J. R. (2007). Antagonistic, *Trichoderma* spp.: Panoply of biological control. *Biochemical Engineering Journal*. 37(1): 1-20.

Zaidi, N.W. & Singh U. S. (2013). Trichoderma in Plant Health Management. En Mukherjee P.K., Horwitz B.A., Singh U.S., Mukherjee M., Schmoll M (Eds). *Trichoderma: Biology and Applications* (pp110-127) CABI, Walingford, UK.

Zeilinger, S. & Schumacher R. (2013). Volatile organic metabolites of *Trichoderma* spp.: Biosynthesis, Biology and Analytics. En Mukherjee P.K., Horwitz B.A., Singh U.S., Mukherjee M., Schmoll M (Eds). *Trichoderma: Biology and Applications* (pp230-246) CABI, Walingford, UK.