



Desarrollo de una estrategia química y orgánica para el control del mildiu vellosa (*Pseudoperonospora cubensis* Berkeley et Curtis) en melón

Development of an chemical and organic strategy for the control of downy mildew (*Pseudoperonospora cubensis* Berkeley et Curtis) in melon


doi <https://doi.org/10.47230/agrosilvicultura.medioambiente.v1.n2.2023.4-13>

Recibido: 23-08-2023


Aceptado: 10-10-2023

Publicado: 20-12-2023


Julio Gabriel Ortega¹

 <https://orcid.org/0000-0001-9776-9235>


Máximo Vera Tumbaco⁵

 <https://orcid.org/0000-0003-2320-712X>


Jhony Briones Mendoza²

 <https://orcid.org/0009-0009-3850-9842>


Gema Burgos López⁶

 <https://orcid.org/0000-0002-0025-3679>

Jessica Morán Morán³

 <https://orcid.org/0000-0002-6487-1038>

Heidi Flores Ramírez⁷

 <https://orcid.org/0000-0001-9969-8864>

Washington Narváez Campana⁴

 <https://orcid.org/0000-0002-6674-2088>

1. Doctor Dentro del Programa de Producción Agraria y Aplicaciones Biotecnológicas; Universidad Estatal del Sur de Manabí; Facultad de Ciencias Naturales y de la Agricultura, Carrera Agropecuaria; Jipijapa, Ecuador.
2. Ingeniero Agropecuario; Universidad Estatal del Sur de Manabí; Facultad de Ciencias Naturales y de la Agricultura, Carrera Agropecuaria; Jipijapa, Ecuador.
3. Magister en Ciencias Mención Microbiología; Ingeniero Agrónomo; Universidad Estatal del Sur de Manabí; Facultad de Ciencias Naturales y de la Agricultura, Carrera Agropecuaria; Jipijapa, Ecuador.
4. Magister en Docencia Universitaria e Investigación Educativa; Magister en Administración Ambiental; Diplomado en Autoevaluación y Acreditación Universitaria; Ingeniero Agrónomo; Universidad Estatal del Sur de Manabí; Facultad de Ciencias Naturales y de la Agricultura, Carrera Agropecuaria; Jipijapa, Ecuador.
5. Universidad Estatal del Sur de Manabí; Facultad de Ciencias Naturales y de la Agricultura, Carrera Agropecuaria; Jipijapa, Ecuador.
6. Magister en Agropecuaria Mención en Producción Agrícola; Ingeniera Agropecuaria; Universidad Estatal del Sur de Manabí; Facultad de Ciencias Naturales y de la Agricultura, Carrera Agropecuaria; Jipijapa, Ecuador.
7. Ingeniero Agropecuario; Universidad Estatal del Sur de Manabí; Facultad de Ciencias Naturales y de la Agricultura, Carrera Agropecuaria; Jipijapa, Ecuador.

Volumen: 1

Número: 2

Año: 2023

Paginación: 4-13

URL: <https://revistas.unesum.edu.ec/agricultura/index.php/ojs/article/view/16>

***Correspondencia autor:** julio.gabriel@unesum.edu.ec



RESUMEN

Con el objetivo de desarrollar una estrategia química y orgánica para combatir al mildiu vellosa (*Pseudoperonospora cubensis* Berkeley et Curtis) en melón, se implementó una parcela en invernadero en diseño experimental de bloques completamente aleatorizados con cuatro repeticiones y cuatro tratamientos. Los tratamientos fueron: T1: Fungicida sistémico (*Metalaxil-Mancozeb*) 2,5 g/L + Fungicida de contacto (*Clorotalonil*) 2,5 mL/L (aplicación alternada), T2: Fungicida sistémico (Metalaxil Mancozeb) 2,5 g/L + *Trichoderma* spp. 3 mL/L (aplicación alternada), T3: Fungicida sistémico (*Metalaxil-Mancozeb*) 2,5 g/L + Máximo (*Bacillus subtilis*) 3,0 mL/L (aplicación alternada) y T4: Testigo (agua)]. Cada unidad experimental estuvo constituida por tres hileras, cada hilera/tratamiento tuvo 41 plantas y la unidad experimental de cada tratamiento fue de 123 plantas. Las variables de respuestas fueron peso de frutos y el porcentaje de severidad con la cual se determinó el área bajo la curva de progreso de la enfermedad relativa (AUDPCr). Los resultados mostraron que el mejor tratamiento fue el T2 [Fungicida sistémico (*Metalaxil-Mancozeb*) 2,5 g/L + *Trichoderma* spp. 3 mL/L (aplicación alternada)], obteniéndose un peso promedio de fruto de 0,97 kg, respecto del testigo que fue de 0,58 kg. El tratamiento T2 mostró el menor valor de AUDPCr (13,46%) respecto del testigo (46,95%).

Palabras clave: Trasplante, floración, fructificación, estadios, fisiología.

ABSTRACT

With the aim of developing an chemical and organic strategy to combat downy mildew (*Pseudoperonospora cubensis* Berkeley et Curtis) in melon, a greenhouse plot was implemented in a completely randomized block experimental design with four replicates and four treatments. The treatments were: T1: Systemic fungicide (*Metalaxil-Mancozeb*) 2.5 g/L + Contact fungicide (*Chlorothalonil*) 2.5 mL/L (alternate application), T2: Systemic fungicide (Metalaxil Mancozeb) 2.5 g/L + *Trichoderma* spp. 3 mL/L (alternate application), T3: Systemic fungicide (*Metalaxil-Mancozeb*) 2.5 g/L + Maximum (*Bacillus subtilis*) 3 mL/L (alternate application) and T4: Control (water)]. Each experimental unit consisted of three rows, each row/treatment had 41 plants and the experimental unit of each treatment was 124 plants. The response variables were fruit weight and the percentage of severity with which the area under the relative disease progress curve (AUDPCr) was determined. The results showed that the best treatment was for the T2 treatment [Systemic fungicide (*Metalaxil-Mancozeb*) 2.5 g/L + *Trichoderma* spp. 3 mL/L (alternate application)], obtaining an average fruit weight of 0.97 kg, compared to the control, which was 0.58 kg. The T2 treatment showed the lowest value of AUDPCr (13.46%) compared to the control (46.95%).

Keywords: Transplantation, flowering, fruiting, stages, physiology.



Creative Commons Attribution 4.0
International (CC BY 4.0)

Introducción

Las principales enfermedades que afectan al cultivo de cucurbitáceas y especialmente al melón son damping off causados por *Phytophthora* spp, *Pythium* spp, *Fusarium* spp., mildiú veloso causado por el *Oomycete Pseudoperonospora cubensis*, la mancha angular causada por *Pseudomonas syringae* p.v. *lachrymans* y otros (Fernández y Guerrero, 2015). La enfermedad causada por *Ps. cubensis* es una de las más graves de las Cucurbitáceas según Blake (2007), siendo observada por primera vez en Cuba en 1868. Veinte años más tarde aparece en Japón, estando actualmente establecida en numerosas regiones húmedas del mundo (India, China, Rusia, Australia y las Antillas). Igualmente fue señalada en muchos países europeos como Austria, Italia, Alemania, Inglaterra y más recientemente en los Países Bajos. En Francia fue señalada por Rouxel en otoño de 1971, de donde probablemente pasó a España peninsular (Cruz y Centeno 2017). Gabriel *et al.* (2020) encontraron que esta enfermedad causa pérdidas cuantiosas de hasta 60% en el cultivo de cucurbitáceas en el recinto Puerto la Boca en Ecuador.

Afecta a las plantas de todas las edades, aunque la enfermedad sólo infecta follaje, y ocasiona una reducción de la actividad fotosintética temprana afectando el desarrollo de la planta, retrasando el crecimiento y la reducción del rendimiento, causa defoliación prematura, y puede resultar en quemaduras de sol de la fruta debido a la sobreexposición a la luz solar directa. Los síntomas de la infección por el mildiú se muestran diferentes en los variados cultivos de cucurbitáceas. En la sandía y el melón, los síntomas son típicamente lesiones de forma irregular en el follaje que se convierten rápidamente de color marrón, las hojas infectadas pueden experimentar un enrollamiento hacia arriba, los síntomas no son tan distintivo como el pepino y calabaza y son más fáciles de confundirse con otras enfermedades como la antracnosis, alternaria o tizón del tallo gomoso (Colucci y Holmes, 2010).

Los patógenos causantes de los mildiús velosos son parásitos obligados y hemibiotróficos, penetran el follaje del hospedante por vía estomática y se alimentan por medio de haustorios, los esporangios se observan por el envés de la hoja ya que los esporangióforos salen por los estomas, dándole a la lesión la apariencia vellosa característica (Bojórquez-Ramos *et al.* 2012, Cruz y Centeno, 2017, Gabriel, 2021). El patógeno puede permanecer en el suelo o sobre restos de plantas. Las infecciones primarias son originadas por estructuras llamadas esporangios, los cuales son diseminados principalmente por el agua de lluvia, riego y por el viento, pero también por utensilios contaminados, por los trabajadores, los insectos etc. (Cruz y Centeno, 2017).

La epidemiología de *Ps. cubensis* depende en gran medida de las condiciones ambientales, la duración de vida de los esporangios no excede las 48 horas y dentro de este corto período debe localizar un huésped susceptible y germinar. El período de incubación, antes de que los síntomas sean visibles es de 3-12 días, la mayor parte de la esporulación se produce por la noche, mientras que la dispersión máxima de esporas es en la mañana (Lebeda y Cohen 2010). La enfermedad se ve favorecida por temperaturas de 15°C a 25°C y 18 horas de luz; si las temperaturas superan los 30°C la propagación del patógeno sufre una fuerte inhibición, la temperatura óptima está entre 10°C a 20°C (Colucci y Holmes, 2010).

La infección requiere agua libre en la superficie de las hojas para las zoosporas y desarrollar tubos germinales. Las primeras penetraciones son observables en 5 horas después que el esporangio original se depositó en la superficie de la hoja, si las condiciones son favorables y están presentes para llevar a cabo la colonización en el tejido huésped en la capa del mesófilo de la hoja (Colucci y Holmes 2010). Se sabía que sólo tenía reproducción asexual, pero Cohen *et al.* (2012, 2013), determinaron la existencia de dos tipos de apareamiento

sexual del patógeno (A1 y A2), los mismos que forman oosporas, sugiriendo que *Ps. cubensis* es heterotálico.

La aplicación de plaguicidas químicos es el método de control más utilizado, ya sea a través de fungicidas de contacto y sistémico o la combinación de ambos (Khare *et al.* 2015). Se encontró que la aplicación de fungicidas en Puerto la Boca es indiscriminado y causan problemas en la salud y el medio ambiente, e incremento en los costos de producción (Gabriel *et al.*, 2023). Por esta razón las nuevas tendencias están dirigidas hacia un manejo integrado de las enfermedades, así como las disposiciones requeridas en materia de certificaciones internacionales de exportación abren las puertas a productos alternativos como los inductores de resistencia (SIR) para el manejo de enfermedades como es el uso de *Trichoderma atroviride* (Khokhar y Renu, 2014, Szczech *et al.*, 2017) y el conocimiento de mecanismos moleculares y bioquímicos asociados con la resistencia, cuya señalización se asocia principalmente con la resistencia sistémica adquirida (SAR), en la cual los genes producen algunas sustancias como catalasas, quitinasas lipoxigenasas, peroxidases, proteasas y otros (Adhikari *et al.*, 2012, Khokhar y Renu, 2014).

El uso de microorganismos como *Bacillus subtilis*, *Pseudomonas fluorescens*, *Derxia gummosa* and *Trichoderma harzianum* (Tejera *et al.*, 2011, Elsharkawy *et al.*, 2014), o productos de estos, presenta grandes ventajas sobre los productos comerciales por ser su producción mucho menos dañina al ecosistema y por su biodegradabilidad in situ a compuestos no tóxicos por la microflora ambiental. La búsqueda de nuevos y variados productos de origen natural, no contaminantes del medio ambiente, para el manejo de plagas y enfermedades representa una alternativa importante en una

agricultura sostenible (Khokhar y Renu, 2014).

Es claro que, existe la necesidad de desarrollar estrategias para el control de *Ps. cubensis* ecológicas y amigables con el medio ambiente y la salud de las personas, y que contribuya a reducir los costos de producción por la menor aplicación de plaguicidas. En este propósito, diversos investigadores utilizaron fungicidas químicos y microorganismos con antecedentes de control al *Ps. cubensis* bajo condiciones de invernadero (Melgarejo y Abella, 2011, López *et al.*, 2011, Ramírez, 2011, Gabriel *et al.*, 2020). La estrategia cumple los principios básicos como son la aplicación preventiva (oportunidad), la alternabilidad de los fungicidas, la no aplicación del fungicida sistémico en más de tres oportunidades (Fernández-Northocote *et al.* 2009), y el uso de microorganismos que reemplacen al fungicida de contacto (Navia *et al.*, 2010).

Por lo mencionado, el objetivo de la presente investigación desarrollar una estrategia química y orgánica para combatir al mildiu velloso (*Pseudoperonospora cubensis* Berkeley et Curtis) en melón.

Materiales y métodos

La investigación se desarrolló en un invernadero de 500 m² ubicado en el Recinto Puerto la Boca de la Parroquia Puerto Cayo del Cantón Jipijapa, que está ubicada a 1°18'20"S, 80°45'42" O y altura de 53 msnm, con una temperatura promedio anual de 24.8 °C y precipitación promedio de 298 mm año⁻¹.

La parcela experimental fue implementada en un diseño experimental de bloques completamente aleatorios (DBCA) con cuatro tratamientos (Tabla 1) y cuatro repeticiones.

Tabla 1.

Tratamientos realizados para el control del mildiu velloso.

Código	Tratamiento
T1:	Fungicida sistémico (Metalaxyl-Mancozeb) 2,5 g/L + Fungicida de contacto (Clorotalonil) 2.5 ml/l (aplicación alternada)
T2:	Fungicida sistémico (Metalaxyl-Mancozeb) 2,5 g/L + Trichoderma sp. 3 ml/l (aplicación alternada)
T3:	Fungicida sistémico (Metalaxyl-Mancozeb) 2,5 g/L+ Máximo (Bacillus subtilis) 3 ml/l (aplicación alternada)
T4:	Testigo (agua)

La preparación del suelo dentro del invernadero se realizó manualmente, para lo que se removió y desmenuzó las platabandas y se aplicó materia orgánica (biocompost) a razón de 75 kg por hilera de 33 m de largo. Luego se midió del terreno con una cinta métrica y se estaqueó, para la formación de las platabandas de 0,50 m de ancho.

Para la germinación de la semilla, se preparó el sustrato con biocompost, hoja de guaba (*Inga edulis*) y tierra del lugar, en una proporción 2:1:1. Se aplicó 10 kg de humus y 10 g de micorriza para evitar el ataque de patógenos que causan *damping off*. Una vez preparado el sustrato se procedió a llenar los hoyos con este sustrato preparado, teniendo cuidado de humedecerla óptimamente. Luego fueron sembradas las semillas del híbrido Edisto. El riego de las bandejas se realizó dos veces por día para mantener la humedad. Para prevenir ataque de enfermedades se aplicó un fungicida de amplio espectro (carboxin + captan 3g/L).

A los 30 días se realizó el trasplante definitivo en las hileras preparadas, para lo que se cavaron hoyos con una profundidad

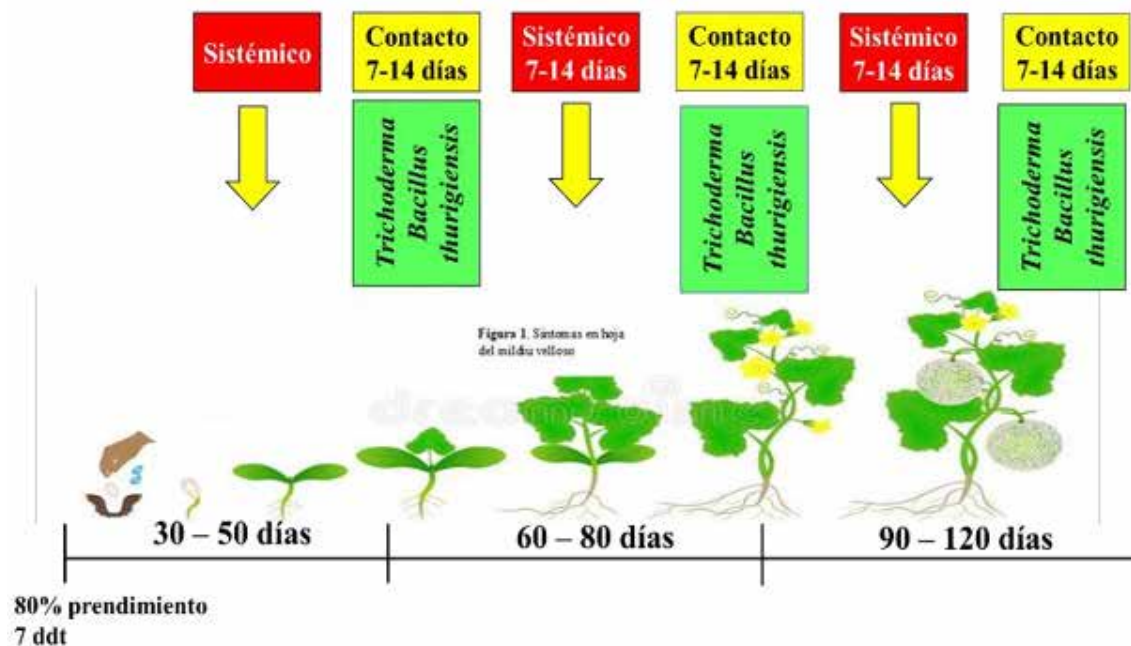
de 0,15 m a una distancia de 0,20 m entre plantas dentro de la hilera y una distancia de 1,60 m entre hileras. Cada hilera tuvo 41 plantas y la unidad experimental para cada tratamiento fue de 123 plantas, con un total de 1980 plantas en todo el experimento, de las cuales se evaluaron 160 plantas.

La poda se realizó en una rama principal, eliminando las ramas restantes. En este caso las hojas viejas y los brotes se eliminaron para evitar la formación de otras ramas secundarias. El tutorado se realizó después de la poda, así mismo después de cada poda se trató con un fungicida de contacto (mancozeb 0,47 g/L) para evitar enfermedades y ayudar a la cicatrización de las heridas causadas. Se efectuó el riego por goteo de las hileras, con una frecuencia dos veces al día durante una hora de riego. La cosecha se realizó a partir de los 100 días después del trasplante definitivo del cultivo de melón.

Los tratamientos fueron aplicados a los 10 días después del trasplante definitivo, alternando los tratamientos cada siete días (Figura 1).

Figura 1.

Estrategia ecológica para el control del mildiu vellosa (*Pseudoperonospora cubensis*).



Nota. Tomado de Gabriel (2021)

Se realizaron siete aplicaciones durante el ciclo del cultivo. Las evaluaciones de severidad fueron realizadas en las 10 plantas seleccionadas al azar, donde al azar se eligieron cinco hojas del tercio medio superior de cada planta, que fueron marcadas con un número utilizando un jímil de uñas de color rojo. Las lecturas de severidad fueron realizadas antes de la aplicación de los tratamientos, utilizando la escala propuesta por Gabriel *et al.* (2017), con estos datos se determinó el área bajo la curva de progreso de la enfermedad relativa (AUDPCr) (Gabriel *et al.*, 2017); también se evaluó el peso de frutos por planta (Kg).

Análisis estadísticos

Una vez que las variables de respuesta cumplieran los supuestos de normalidad y homogeneidad de varianzas, sobre la base del modelo definido se realizaron análisis de varianza para probar hipótesis acerca

de los efectos fijos, así como comparaciones de medias de los tratamientos mediante la prueba de Tukey al $p < 0,05$ de probabilidad. El análisis de varianza también sirvió para estimar los componentes de varianza para los efectos aleatorios. Los análisis indicados se realizaron utilizando el Proc GLM del SAS University (SAS, 2020).

Resultados

El análisis de varianza (Tabla 2) para el control de enfermedades, principalmente del mildiu vellosa causado por el Oomycete *Pseudoperonospora cubensis*, mostró que los coeficientes de varianza (CV) estuvieron en el rango permitido para este tipo de investigaciones (20 a 37%). Se determinó que hubo diferencias significativas ($p < 0,01$) de probabilidad para tratamientos. Estos resultados estarían indicando que al menos uno de los tratamientos mostró diferencias en el control del mildiu vellosa.

Tabla 2.

Análisis de varianza para mildiu veloso (Ps. cubensis).

FV	gl	AUDPCr (%)	Peso de fruto (kg)
Repetición	3	33,95ns	0,004ns
Tratamiento	3	1079,59*	0,140*
Error	9	39,81	0,010
Total	15		
CV(%)		28,24	13,107

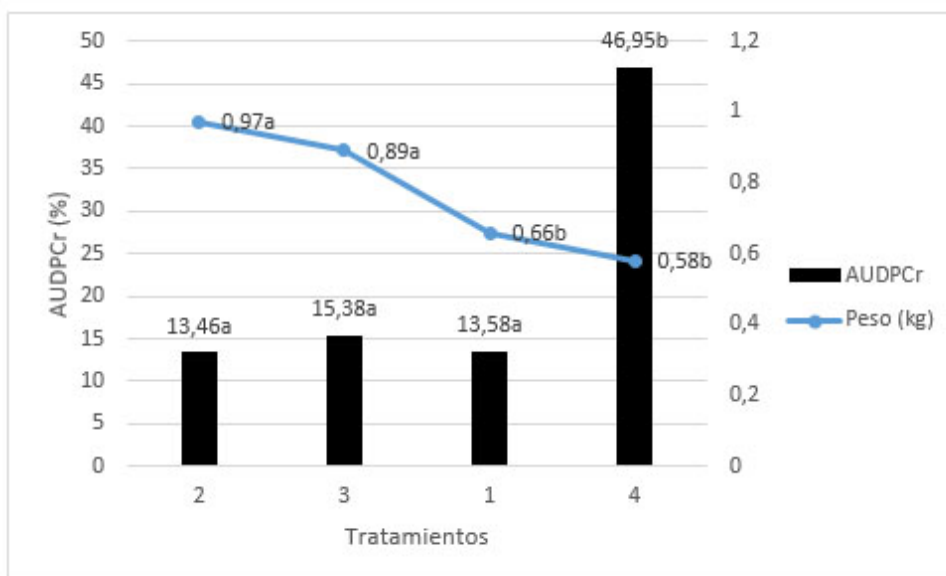
ns: No significativo, *: significativo al p<0,01 de probabilidad.

El análisis de medias del AUDPCr para mildiu veloso (Figura 1), mostró que los tratamientos **T2** (13,46%), **T3** (15,38%) y **T1** (13,58%) no fueron significativos entre si al P<0,05 de probabilidad, pero fueron significativos respecto de tratamiento **T4** (testigo) que tuvo un AUDPCr de 46,95%. Asimismo, se observó que el menor peso de fruto se obtuvo en el tratamiento **T4** con 0,58 kg/fruto, en cambio el tratamiento **T2** tuvo un peso de fruto de 0,97 kg/fruto. Esto indicaría

que la aplicación del tratamiento **T2** [Fungicida sistémico (Metalaxyl-Macozeb) 2,5 g/L + *Trichoderma* sp. 3,0 mL/L (aplicación alternada)] es una buena alternativa para el control del mildiu. Asimismo, fue efectivo la aplicación del tratamiento **T3** [Fungicida sistémico (Metalaxyl-Macozeb) 2,5 g/L + Máximo (*Bacillus subtilis*) 3 mL/L (aplicación alternada)] para el control del mildiu y otras enfermedades foliares, respecto del tratamiento **T4** (testigo, solo agua).

Figura 2.

Comparación de medias de AUDPCr (%) y Peso de fruto (kg) mediante Tukey al P<0,05 de probabilidad.



T1: Fungicida sistémico (Metalaxyl-Macozeb) 2,5 g/L + Fungicida de contacto (Clorotalonil) 2,5 mL/L (aplicación alternada); **T2:** Fungicida sistémico (Metalaxyl-Macozeb) 2,5 g/L + *Trichoderma* sp. 3 mL/L

(aplicación alternada); **T3:** Fungicida sistémico (Metalaxyl-Macozeb) 2,5 g/L + Máximo (*Bacillus subtilis*) 3 mL/L (aplicación alternada), **T4:** Testigo (agua).

Uno de los aspectos fundamentales de esta investigación fue el desarrollo de una estrategia química y orgánica para el control del Oomycete *Pseudoperonospora cubensis*, un patógeno destructivo capaz de causar pérdidas de hasta 60% en las cucurbitáceas particularmente en Ecuador (Lebeda *et al.*, 2011; Gabriel *et al.*, 2020). Esto implica la necesidad de buscar nuevas alternativas de combate químico y biológico, que contribuya a disminuir el uso de plaguicidas, beneficiando a la economía de los agricultores, y contribuyendo a reducir los efectos causados a la salud de los agricultores y el medioambiente (Fernández-Northcote *et al.*, 1999). En este contexto, se aplicó una estrategia de combate químico y biológico, en base al trabajo realizado por Gabriel *et al.* (2020), quienes desarrollaron una estrategia de combate químico y biológico para el control del mildiu vellosa en pepino.

La estrategia desarrollada, validó los principios clave como la alternancia de fungicidas sistémicos y de contacto y la sustitución de los fungicidas de contacto por uno a base de microorganismos. Esta estrategia permitió controlar satisfactoriamente el patógeno y alcanzar una alta producción de frutos. Asimismo, ayudó a reducir los costos de producción debido a la menor aplicación de plaguicidas (hasta 50%). Sin duda, esta estrategia constituye una excelente alternativa para controlar patógenos en melón, y puede ser adoptado en programas del manejo integrado de enfermedades. Una contribución importante y diferente a los trabajos mencionados (Fernández-Northcote *et al.*, 1999; Gabriel *et al.*, 2020), fue que en el presente trabajo se utilizó especies conocidas de hongos benéficos como *Trichoderma viridae* y *T. hartzianum* y la bacteria *Bacillus subtilis*.

La aplicación alternada de los tratamientos entre los fungicidas sistémicos con *Trichoderma* no afectó al hongo. Esto sugiere que aplicar una estrategia ecológica con microorganismos es útil y beneficioso. Los fungicidas de contacto que utilizamos (Clorotalonil), actuaron en las primeras horas posteriores a la

aplicación. Aun así, una vez que el oomycete penetra en la planta, los fungicidas sistémicos (Metalaxyl) deben utilizarse para controlar la infección del patógeno porque estos tienen movilidad acropétala y translaminar, que se movilizan en los tejidos internos y órganos de la planta después de su aplicación (Ruiz-Sánchez *et al.*, 2008).

Mencionar que el modo de acción puede depender de la producción de moléculas de antibióticos porque es evidente que *Bacillus subtilis* es productor eficiente de antibióticos (Raaijmakers *et al.*, 2020; Stein, 2005) y antifúngicos volátiles (Kai *et al.*, 2009). Asimismo, *T. viridae* y *T. hartzianum*. Funcionaron correctamente cuando se aplicó solo o en aplicaciones alternas con el fungicida sistémico y de contacto. Adnan *et al.* (2019), Menciona al respecto que las especies del género *Trichoderma* son los antagonistas más utilizados para el control de las enfermedades de las plantas causadas por hongos, debido a su rápido crecimiento en una gran cantidad de sustratos, amplio estrés abiótico tolerancia, capacidad rápida de colonizar, establecimiento fácil después inoculación y capacidad suficiente para competir por el espacio y nutrientes con patógenos. Además, *Trichoderma* puede estimular crecimiento de las plantas debido a su capacidad para producir reguladores del crecimiento de las plantas, vitaminas y reciclar nutrientes como el P (fitato) y el Zn en el suelo (Li *et al.*, 2015). En nuestros experimentos, el fungicida sistémico no dañó a *Trichoderma* probablemente debido a las aplicaciones fueron alternas, dejando pasar al menos una semana entre aplicaciones. Adicionalmente, se sabe que algunas cepas de *Trichoderma* muestran resistencia o tolerancia a los fungicidas (Chaparro *et al.*, 2011), esta propiedad no fue probada en nuestro trabajo.

Conclusiones

Los mejores tratamiento para combatir al Oomycete *Pseudoperonospora cubensis*

fue el tratamiento T2 [Fungicida sistémico (Metalaxil-Mancozeb) 2,5 g/L + *Trichoderma* spp. 3 mL/L (aplicación alternada)] y T3 [Fungicida sistémico (Metalaxil-Mancozeb) 2,5 g/L + Máximo (*Bacillus subtilis*) 3 mL/L (aplicación alternada)].

Los mejores pesos de frutos fueron encontrados en los tratamientos T2 y T3.

Bibliografía

- Adnan, M., Islam, W., Shabbir, A., Khan, K.A., Ghramh, H.A., Huang, Z., Chen, H.Y.H. and Lu, G.D. (2019). Plant defense against fungal pathogens by antagonistic fungi with *Trichoderma* in focus. *Microb Pathogenesis* 129:7–18. <https://doi.org/10.1016/j.micpath.2019.01.042>
- Adhikari, B.N., Savory, E.A., Vaillancourt, B., Childs, K.L., Hamilton, J.P., Day, B., & Buell, R. (2012). Expression Profiling of *Cucumis sativus* in Response to Infection by *Pseudoperonospora cubensis*. *PLoS ONE* 7(4): e34954. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0034954>
- Bojórquez-Ramos, C., León-Félix, J., Allende-Molar, R., Muy-Rangel, M.D., Carrillo-Facio, J.A., Valdez-Torres, J.B., López-Soto, F.S.M., & García-Estrada, R.S. (2012). Characterization of powdery mildew in cucumber plants under greenhouse conditions in the Culiacan Valley, Sinaloa, Mexico. *African Journal Agricultural Research* 7:3237-3248. <http://dx.doi.org/10.5897/AJAR11.2093>.
- Chaparro, A.P., Carvajal, L.H. and Orduz, S. (2011). Fungicide tolerance of *Trichoderma asperelloides* and *T. harzianum* strains. *Agr Sci.* 2:301–307. <https://doi.org/10.4236/as.2011.23040>
- Cohen, Y., & Rubin, A.E. (2012). Mating type and sexual reproduction of *Pseudoperonospora cubensis*, the downy mildew agent of cucurbits. *European Journal of Plant Pathology* 132:577-592.
- Cohen, Y., & Rubin A.E., & Galperin, M. (2013). Host preference of mating type in *Pseudoperonospora cubensis*, the downy mildew causal agent of cucurbits. *Plant Disease* 97:292
- Colucci, S.J., & Holmes, G.J. (2010). Downy Mildew of Cucurbits. *The Plant Health Instructor*. DOI: 10.1094/PHI-I-2010-0825-01.
- Cruz, J., & Centeno, C. (2017). Progreso temporal del mildiú vellosa [*Pseudoperonospora cubensis* (Berkeley & MA Curtis) Rostovzev] en pepino (*Cucumis sativus* L.) manejado con fungicidas sintéticos, biológicos e inductores de resistencia. Tesis Ing. Agropecuaria. Universidad Nacional Agraria, Managua, Nicaragua. 37 p. <http://repositorio.una.edu.ni/3561/1/tnh20c957.pdf> (Agosto 27, 2019).
- Elsharkawy, M., Kamel, S., Nagwa, M., Khateeb, E.L. (2014). Biological Control of Powdery and Downy Mildews of Cucumber Under Greenhouse Conditions. *Egyptian Journal of Biological Pest Control* 24 (2) 407-414.
- Fernández, E., & Guerrero J (2015). Controla el mildiú del pepino. 1-3. <http://www.hortalizas.com/proteccion-de-cultivos/controla-el-mildiú-del-pepino/>
- Fernández-Northcote, E.N., Navia, O., Gandarillas, A. (1999). Bases de las estrategias de control químico del tizón desarrolladas por PROINPA en Bolivia. *Revista Latinoamericana de la Papa* 11: 1-25.
- Gabriel, J. (Ed.) (2021). Libro verde: Agro-UNESUM Informa. Producción de hortalizas de calidad en condiciones de invernadero. Editorial Grupo Compas, Universidad Estatal del Sur de Manabí, Guayaquil, Ecuador. 212 p. <http://142.93.18.15:8080/jspui/handle/123456789/638>
- Gabriel, J., Valverde, A., Indacochea, B., Castro, C., Vera, M., Alcívar, J., y Vera, R., (2021). Diseños experimentales: Teoría y práctica para experimentos agropecuarios. Segunda edición, Editorial Grupo Compás. Universidad Estatal del Sur de Manabí. Guayaquil, Ecuador. <http://142.93.18.15:8080/jspui/handle/123456789/625>
- Gabriel J, Ortuño N, Vera M, Castro C, Narváez W, Manobanda M (2017) Manual para evaluación de daños de enfermedades en cultivos agrícolas. Grupo COMPAS, Universidad Estatal del Sur de Manabí, Jipijapa, Ecuador. 53 p. Recuperado de <https://drive.google.com/drive/folders/1kqhGU7l-6yuXUoxDNeRzGusfZgWGJdsGC>
- Gabriel, J.; Delvalle, J.; Padilla, J.; Pincay, N.; Ayón, F.; Narváez, W.; González, A. (2020). Innovaciones en la matriz productiva hortícola para reducir el efecto del cambio climático en Puerto la Boca, Jipijapa, Ecuador. *J. Selva Andina Res. Soc.* 11(1): 2-17. <http://dx.doi.org/10.36610/j.jsars.2020.110100002>.
- Gabriel, J., Ávila, J., Ayón, F., Morán, J., Álvarez, A., & Flores, H. (2023). Utilización de plaguicidas por agricultores en Puerto La Boca, Manabí. Una reflexión sobre sus posibles consecuencias. *Journal of the Selva Andina Biosphere*, 11(1), 47-65. <https://doi.org/10.36610/j.jsab.2023.110100044>
- Gabriel, J., Ortuño, N., Vera, M., Castro, C., Narváez, W., & Manobanda, M. (2017). Manual para eva-

- luación de daños de enfermedades en cultivos agrícolas (en línea). Grupo COMPAS, Universidad Estatal del Sur de Manabí, Jipijapa, Ecuador. 53 p. <https://isbn.cloud/9789942760043/manual-para-evaluacion-de-danos-de-enfermedades-en-cultivos-agricolas/>
- Gabriel, J.; Pereira, E.; Ayón, F.; Castro, C.; Delvalle-García, I.; Castillo JA. (2020). Development of an ecological strategy for the control of downy mildew (*Pseudoperonospora cubensis*) in cucumber cultivation (*Cucumis sativus* L.). *Revista Bionatura* 5(2): 1-15. <http://dx.doi.org/10.21931/RB/2020.05.02.3>
- Kai, M., Haustein, M., Molina, F., Petri, A., Scholz, B., & Piechulla, B. (2009). Bacterial volatiles and their action potential. *Applied Microbiology and Biotechnology*, 81(6), 1001-1012. doi:10.1007/s00253-008-1760-3.
- Khare, C.P., Srivastava, J.N., Tiwari, P.K., Kotesthane, A., & Thrimurthi, V.S. (2015). Downy Mildew of Cucurbits and Their Management in Page 46 – 54, Awasthi, L. *Recent Advances in the Diagnosis and Management of Plant Diseases*. Department of Plant Pathology N.D., University of Agriculture and Technology. India.
- Khokhar, M., & Renu, G. (2014) *Integrated Disease Management*. Maharana Pratap University of Agriculture and Technology 1(2), 87-91.
- Lebeda, A., & Cohen, Y. (2010) Cucurbit downy mildew (*Pseudoperonospora cubensis*) biology, ecology, epidemiology, host-pathogen interaction and control. *European Journal of Plant Pathology* 2(129): 160-162.
- Lebeda, A., & Cohen, Y. (2010) Cucurbit downy mildew (*Pseudoperonospora cubensis*), biology, ecology, epidemiology, host-pathogen interaction and control. *European Journal of Plant Pathology* 129:157–192. DOI 10.1007/s10658-010-9658-1
- López J, Rodríguez J Huez M, Garza S, Jiménez J, Leyva E (2011) Producción y calidad de pepino (*Cucumis sativus* L.) bajo condiciones de invernadero usando dos sistemas de poda. *IDESIA (Chile)* 29(2):21-27. <http://dx.doi.org/10.4067/S0718-34292011000200003>.
- Li, R.X., Cai, F., Pang, G., Shen, Q.R., Li, R. and Chen, W. (2015). Solubilisation of phosphate and micronutrients by *Trichoderma harzianum* and its relationship with the promotion of tomato plant growth. *PLoS ONE*. 10:e0130081
- Melgarejo, J., & Abella, F. (2011). Mecanismo de acción de los fungicidas. *Revista Ventana Al Campo*: 193–202.
- Navia, O., Gandarillas, A., Ortuño, N., Meneses, E., & Franco, J. (2010). Tizón de la papa (*Phytophthora infestans*) y agricultura sostenible: integración de resistencia sistémica inducida y estrategias de manejo integrado. Fundación Proinpa, Cochabamba, Bolivia. Recuperado de file:///C:/Users/Vinicio%20Vel%C3%A1squez/Downloads/Oscar%20Navia_tizon%20papa%20(3).pdf
- Ramírez, C.N. (2011) Cultivo protegido de hortalizas en Costa Rica. *Tecnología en Marcha* 25(2): 10-20.
- Raaijmakers, J.M., Vlami, M. and de Souza, J, Raaijmakers, J.M., Vlami, M. and de Souza, J.T. (2002). Antibiotic production by bacterial biocontrol agents. *Anton Leeuw*. 81:537– 547. <https://doi.org/10.1023/A:1020501420831> 25.
- Ruiz-Sánchez, E., Tún-Suárez, J.M., Pinzón-López, L., Valerio-Hernández, G., Zavala-León, M.J. (2008). Evaluación de fungicidas sistémicos para el control del mildiú veloso (*Pseudoperonospora cubensis* Berk. & Curt.) Rost. en el cultivo del melón (*Cucumis melo* L.). *Revista Chapingo Serie Horticultura* 14(1): 79-84.
- SAS University (2020). *An Introduction to SAS University Edition*. <https://www.oreilly.com/library/view/an-introduction-to/9781629600079/>
- Stein T (2005) *Bacillus subtilis* antibiotics: structures, syntheses and specific functions. *Molecular Microbiology* 56:845-857
- Szczzech, M., Nawrocka, J., Felczyński, K., Małolepsza, U., Sobolewski, U., Kowalska, B., Maciorowski, B., Jas, K., & Kancelista, A. (2017). *Trichoderma atroviride* TRS25 isolate reduces downy mildew and induces systemic defence responses in cucumber in field conditions. *Scientia Horticulturae* 224: 17-26. <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2017.05.035>
- Tejera, B., Rojas, M., & Pérez, M. (2011). Potencialidades del género *Bacillus* en la promoción del crecimiento vegetal y el control biológico de hongos fitopatógenos. *CENIC Ciencias Biológicas* 3(42), 131-138.

Cómo citar: Gabriel Ortega, J., Briones Mendoza, J., Morán Morán, J., Narváez Campana, W., Vera Tumbaco, M., Burgos López, G., & Flores Ramírez, H. (2023). Desarrollo de una estrategia química y orgánica para el control del mildiú veloso (*Pseudoperonospora cubensis* Berkeley et Curtis) en melón. *Agrosilvicultura Y Medioambiente*, 1(2), 4–13. <https://doi.org/10.47230/agrosilvicultura.medioambiente.v1.n2.2023.4-13>