

Capítulo 1

***Beauveria bassiana* y *Metarhizium anisopliae* como alternativa sostenible para el control de plagas de importancia agrícola**

*Adalid Graciano-Obeso*¹
*Jesús Ramón Rodríguez-Apodaca*²
*Gilberto Bojórquez-Delgado*³
*Juan Héctor Alzate-Espinoza*⁴

<https://doi.org/10.61728/AE20250751>



¹ Tecnológico Nacional de México. Instituto Tecnológico Superior de Guasave. Carretera a Brecha, sin número, Ejido El Burrioncito, CP. 81149. Guasave, Sinaloa, México. adalid.go@guasave.tecnm.mx Teléfono 6873668606.

² Universidad Autónoma Indígena de México. Unidad Los Mochis. Fuente de Cristal, número 2334, Fuentes del Bosque, CP. 81229. Ahome, Sinaloa, México. jramon@uaim.edu.mx Teléfono 6682346588.

³ Tecnológico Nacional de México. Instituto Tecnológico Superior de Guasave. Carretera a Brecha, sin número, Ejido El Burrioncito, CP. 81149. Guasave, Sinaloa, México. gilberto.bd@guasave.tecnm.mx Teléfono 6871026729.

⁴ Tecnológico Nacional de México. Instituto Tecnológico Superior de Guasave. Carretera a Brecha, sin número, Ejido El Burrioncito, CP. 81149. Guasave, Sinaloa, México. juan.ae@guasave.tecnm.mx Teléfono 6681644473

Introducción

En 2023, Sinaloa se destacó como el principal productor a nivel nacional de ajonjolí, berenjena, pepino, chile verde, frijol, garbanzo, tomate y maíz, dicha producción le permitió a México ubicarse en el 11vo. lugar en producción mundial de cultivos agrícolas (Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera [SIAP], 2024). Lugar que podría ser más alto, sin embargo, la producción de cultivos agrícolas se ve afectada por plagas que impactan en el rendimiento del cultivo (García-Gutiérrez et al., 2020), dentro de las principales plagas que causan grandes pérdidas económicas se encuentran; el gusano del fruto (*Chloridea virescens*), ocasionando pérdidas considerables en el cultivo del tomate en Sinaloa (Manzanarez-Jiménez et al., 2021), el gusano cogollero (*Spodoptera frugiperda*), considerada la principal plaga del maíz, llegando a causar hasta el 60 % de las pérdidas (Cruz-Herrera, 2018), así como la mosca blanca (*Bemisia tabaci*), una plaga que causa grandes pérdidas en la agricultura a nivel mundial, donde los cultivos más afectados son tomate, berenjena y chile (Chen et al., 2016).

Actualmente, se aplican grandes dosis de insecticidas químicos para disminuir o erradicar las afectaciones por *Chloridea virescens*, *Spodoptera frugiperda* y *Bemisia tabaci*, entre otras plagas de importancia agrícola (Zelaya-Molina et al., 2022), los cuales tienen el potencial para causar daños tanto al medioambiente como a la salud humana (Ruiz-Jiménez et al., 2021). En consecuencia, resulta fundamental explorar alternativas para el manejo de plagas agrícolas (Neuwirthová et al., 2019). Debido a lo anterior, los hongos entomopatógenos se han consolidado como una opción sostenible en el control de plagas, dado que actúan como enemigos naturales de las mismas, sin causar daño al medioambiente ni a la salud humana (Islam et al., 2021). Entre las especies más utilizadas se destacan: *Metarhizium anisopliae*, *Beauveria bassiana* y *Paecilomy-*

ses fumosoroseus (Pacheco et al., 2019), los hongos entomopatógenos anteriores presentan una alta capacidad patogénica como resultado de la producción de toxinas que son letales para los insectos plaga (Chakrabarty et al., 2022).

Con base en lo anterior, el objetivo de la presente investigación fue evaluar distintas formulaciones de los hongos entomopatógenos *Metarhizium anisopliae*, *Beauveria bassiana* y *Paecilomyces fumosoroseus*, sobre larvas del gusano del fruto (*Chloridea virescens*) y mosca blanca (*Bemisia tabaci*) en cultivo de tomate, y sobre larvas de gusano cogollero (*Spodoptera frugiperda*) en cultivo de maíz, durante el ciclo agrícola Otoño-Invierno 2023-2024 en Guasave, Sinaloa, México.

Metodología

Área de estudio

El experimento se realizó en el campo experimental del Instituto Tecnológico Superior de Guasave, el cual se ubica en el ejido Burrioncito, Guasave, Sinaloa, entre las coordenadas 25°31'31N y 108°22'38W, en la región norte del estado de Sinaloa, México (Figura 1 y 2).

Figura 1

Ubicación geográfica del municipio de Guasave, Sinaloa, México



Fuente: Elaboración propia con datos de INEGI.

Figura 2
Instituto Tecnológico Superior de Guasave



Fuente: Tomado de Google Earth, 2024.

Diseños experimentales

*Evaluación de *Metarhizium anisopliae*® sobre larvas del gusano del fruto (*Chloridea virescens*) en cultivo de tomate*

Se estableció un Diseño en Bloques Completamente al Azar (DBCA), donde se evaluaron tres tratamientos, con tres repeticiones de distintas formulaciones de el hongo entomopatógeno *Metarhizium anisopliae*® mezclado con aceite mineral y aceite vegetal; T1= testigo (sin aplicaciones), T2= 1.2×10^9 conidios mL^{-1} de *Metarhizium anisopliae*® mezclado con aceite mineral y T3= 1.2×10^9 conidios mL^{-1} de *Metarhizium anisopliae*® mezclado con aceite de maíz, donde tomando de referencia a Manzanarez-Jiménez et al. (2021), las concentraciones utilizadas del aceite mineral y vegetal en cada tratamiento, fueron del 30 %. Así mismo, las concentraciones de 1.2×10^9 conidios mL^{-1} de hongo entomopatógeno fueron las recomendadas comercialmente por empresa AGROBIONSA®, como variable de respuesta fue el efecto insecticida sobre la densidad poblacional de larvas del gusano del fruto del tomate en cada uno de los tratamientos (Tabla 1).

Tabla 1

Tratamientos evaluados en el experimento

Tratamiento	Alternativa para control de <i>Chloridea virescens</i>
T1 (Testigo)	Sin aplicación
T2	1.2 X 10 ⁹ conidios mL ⁻¹ <i>Metarhizium anisopliae</i> ® mezclado con aceite mineral
T3	1.2 X 10 ⁹ conidios mL ⁻¹ <i>Metarhizium anisopliae</i> ® mezclado con aceite vegetal

Nota: Esta tabla muestra cada uno de los tratamientos utilizados en el experimento, las concentraciones de aceite mineral y vegetal en cada tratamiento fueron del 30 %.

Evaluación de Metarhizium anisopliae®, *Beauveria bassiana*® y *Paecilomyces fumosoroseus*® sobre larvas de mosca blanca (*Bemisia tabaci*) en cultivo de tomate

Se instaló un Diseño en Bloques Completamente al Azar (DBCA) con tres repeticiones, donde se tuvo como variable de respuesta la efectividad biológica de tres hongos entomopatógenos: *Metarhizium anisopliae*®, *Beauveria bassiana*® y *Paecilomyces fumosoroseus*® a una concentración de 1.2 X 10⁹ conidios mL⁻¹, sobre la densidad poblacional de adultos de *B. tabaci* en cultivo de tomate (Tabla 2).

Tabla 2

Tratamientos evaluados en el experimento

Tratamiento	Hongo entomopatógeno dosis 300 g ha ⁻¹
T1 (Testigo)	Sin aplicación
T2	<i>Isaria fumosorosea</i> ®
T3	<i>Beauveria bassiana</i> ®
T4	<i>Metarhizium anisopliae</i> ®

Nota: Esta tabla muestra cada uno de los tratamientos utilizados en el experimento establecido en cultivo de tomate.

Evaluación de *Metarhizium anisopliae*® y *Beauveria bassiana*® sobre larvas de gusano cogollero (*Spodoptera frugiperda*) en cultivo de maíz

Se estableció un Diseño Completamente al Azar (DCA) con tres repeticiones. Como variable respuesta fue el efecto insecticida de los hongos entomopatógenos *Metarhizium anisopliae* y *Beauveria bassiana*, sobre la densidad poblacional de larvas de gusano cogollero (*Spodoptera frugiperda*) de cada uno de los tratamientos del experimento, los cuales se establecieron con base en las dosis y alternativas para el control de *S. frugiperda* en cultivo de maíz (Tabla 3).

Tabla 3
Tratamientos evaluados en el experimento

Tratamiento	Alternativa para control de <i>S. frugiperda</i>
T1 (Testigo)	Sin aplicación
T2	<i>Beauveria bassiana</i> 100 gr·L ⁻¹
T3	<i>Beauveria bassiana</i> 150 gr·L ⁻¹
T4	<i>Metarhizium anisopliae</i> 100 gr·L ⁻¹
T5	<i>Metarhizium anisopliae</i> 150 gr·L ⁻¹

Nota: Esta tabla muestra cada uno de los tratamientos utilizados en el experimento establecido en cultivo de maíz.

Manejo de tratamientos

En cuanto al cultivo de tomate, la siembra de semillas de variedad Saladette se realizó el 20 de agosto del 2023 en charolas de germinación de poliestireno de 200 cavidades, en las que se utilizó turba como sustrato "PEAT-MOSS". A los 30 días, se hizo el trasplante de las plántulas en campo abierto, de acuerdo con el Diseño en Bloques Completamente al Azar (DBCA). Por otro lado, para el cultivo de maíz, la siembra del híbrido Asgrow Hipopótamo se realizó el 29 de noviembre del 2023; la densidad de siembra para este cultivo fue de 9 plantas m⁻¹, en un arreglo de Diseño Completamente al Azar (DCA).

Para establecer los experimentos, fueron utilizados 400 m² del campo experimental del Instituto Tecnológico Superior de Guasave para el cultivo de tomate y 600 m² del campo experimental para el cultivo de maíz, los cuales tuvieron un acceso limitado para evitar contaminaciones. Se preparó el terreno de acuerdo con los trabajos convencionales de la región en el mes de septiembre de 2023. Posteriormente, las plántulas de tomate Saladette, fueron transplantadas, a una distancia entre surcos de 1.5 m y 20 m de largo, con una distancia entre plantas de 25 cm.

Las aplicaciones de los hongos entomopatógenos se realizaron con base en la calendarización de las prácticas de productores agrícolas regionales, sin considerar el grado de infestación o umbral económico de la plaga. Para ello, se utilizó una aspersora de mochila previamente calibrada, donde se suministraron 250 L ha⁻¹, de acuerdo con Góngora-Gamboa et al. (2020), en dos aplicaciones y después fue llevado a cabo un monitoreo diario durante siete días. Al séptimo día se realizó el conteo total de larvas de *Chloridea virescens*, *Bemisia tabaci* y *Spodoptera frugiperda*. El fertirriego fue realizado con solución Steiner al 100 % mediante cintas de riego con goteros cada 25 cm, con un riego cada tercer día (Steiner, 1961).

Análisis estadístico

Se llevó a cabo un estudio cuantitativo en el que los datos se recolectaron directamente en el campo experimental mediante una muestra aleatoria. El análisis de los datos se realizó utilizando los programas Minitab 19 y Sigma Plot 14. Para evaluar las diferencias entre los tratamientos y sus repeticiones, se utilizó un análisis de varianza (ANOVA, por sus siglas en inglés) y para la comparación de medias se aplicó el método de Tukey, con un nivel de significancia de $\alpha = 0.05$.

Porcentaje de reducción

El porcentaje de reducción (%R) de larvas de *C. virescens*, *B. tabaci* y *S. frugiperda* por tratamiento y repetición se determinó empleando la ecuación sugerida por Henderson y Tilton (1955):

$$\%R = \left(1 - \frac{Ta \times Cb}{Tb \times Ca}\right) \times 100$$

Donde:

Tb es el número de insectos registrados antes del tratamiento.

Ta es el número de insectos registrados después del tratamiento.

Cb es el número de insectos registrados en el control antes del tratamiento.

Ca es el número de insectos registrados en el control después del tratamiento.

Densidad poblacional de *Chloridea virescens*, *Bemisia tabaci* y *Spodoptera frugiperda*

Previo a las aplicaciones en los distintos tratamientos establecidos, se tomaron muestras de densidad poblacional de larvas de tercer ínstar de *C. virescens* en cultivo de tomate y *S. frugiperda* en cultivo de maíz, así como adultos de *B. tabaci* en cultivo de tomate. Se seleccionaron 20 plantas al azar por tratamiento en los tres experimentos. Para disminuir la influencia de factores externos, se consideraron las plantas de las filas centrales de cada tratamiento. Específicamente para el conteo de adultos de *B. tabaci*, se realizó un muestreo en tres hojas de la planta de tomate: una de la parte superior, una del centro y una del tercio inferior de la planta. Las densidades de mosca blanca se evaluaron girando la hoja y observando el lado abaxial (Reddy y Miller, 2014).

Resultados y discusión

Evaluación de *Metarhizium anisopliae*® sobre larvas del gusano del fruto (*Chloridea virescens*) en cultivo de tomate

Una vez realizados los conteos previos y final de larvas del gusano del fruto en cultivo de tomate, se tiene que para este experimento, la efectividad insecticida de *M. anisopliae* sobre larvas de *H. virescens* fue más alta cuando se incorporó aceite mineral en su formulación (Tabla 4).

Tabla 4

Conteo y porcentaje de reducción (%R) de larvas de *C. virescens*.

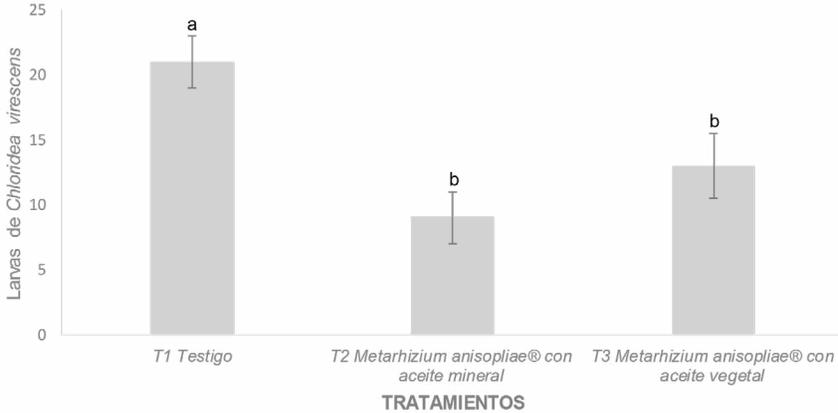
Tratamiento	Conteo inicial	Conteo final	% Reducción
T1 Testigo	20±2	22±3	0 ^a
T2 <i>Metarhizium anisopliae</i> ® con aceite mineral	23±2	9±2	72.43±0.51 ^b
T3 <i>Metarhizium anisopliae</i> ® con aceite vegetal	22±2	13±2.5	65.22±0.73 ^b

^{abc} Diferente literal dentro de la columna, indica diferencia significativa ($p \leq 0.05$)

La Figura 3 muestra la cantidad promedio de larvas de *C. virescens* en conteo posterior a las aplicaciones. El tratamiento que registró menor cantidad de larvas fue el T2 (1.2×10^9 conidios mL^{-1} de *Metarhizium anisopliae*® mezclado con aceite mineral), con 9 larvas y un 72.34 % de reducción; seguido por el T3 (1.2×10^9 conidios mL^{-1} de *Metarhizium anisopliae*® mezclado con aceite vegetal) con un total de 13 larvas y un 65.22 % de reducción. Del análisis de comparación de medias, se tiene que los tratamientos a base de *M. anisopliae*, no mostraron diferencia significativa entre ellos, sin embargo, ambos tratamientos fueron estadísticamente diferentes respecto al testigo.

Figura 3

Promedio de larvas de *C. virescens* en tratamientos evaluados



^{abc} Diferente literal dentro de cada barra, indica diferencia significativa ($p \leq 0.05$) entre los tratamientos.

El análisis estadístico reveló diferencias significativas ($p < 0.05$) entre los tratamientos T2 y T3, en los cuales se aplicó el hongo entomopatógeno *Metarhizium anisopliae*, respecto al testigo (Figura 3). Estos resultados evidencian que *M. anisopliae* posee un mayor efecto insecticida sobre larvas de *C. virescens*. Estos hallazgos son consistentes con los obtenidos por Manzanarez-Jiménez et al. (2021), quienes, en condiciones de invernadero, evaluaron formulaciones de *M. anisopliae* y *B. bassiana* en aceite mineral, causando mortalidad de larvas de *C. virescens* de tercer ínstar de 64.5 y 50.5 %, respectivamente. De manera similar, Manzanarez-Jiménez et al. (2023) confirman la efectividad biológica de *M. anisopliae*; al analizar el impacto bioinsecticida de dos formulaciones microencapsuladas del hongo entomopatógeno, detectaron mortalidades del 68 % y 54 % en larvas de *C. virescens*.

Evaluación de Metarhizium anisopliae®, *Beauveria bassiana*® y *Paecilomyces fumosoroseus*® sobre larvas de mosca blanca (*Bemisia tabaci*) en cultivo de tomate

Una vez realizados los conteos previos y final de adultos de mosca blanca, se tiene que para este experimento, la efectividad insecticida de *Metarhizium anisopliae*, *Beauveria bassiana* y *Paecilomyces fumosoroseus* sobre larvas de *B. tabaci* fue más alta cuando se aplicó el hongo *Beauveria bassiana* (Tabla 5).

Tabla 5
Porcentaje de reducción (%R) de adultos de mosca blanca

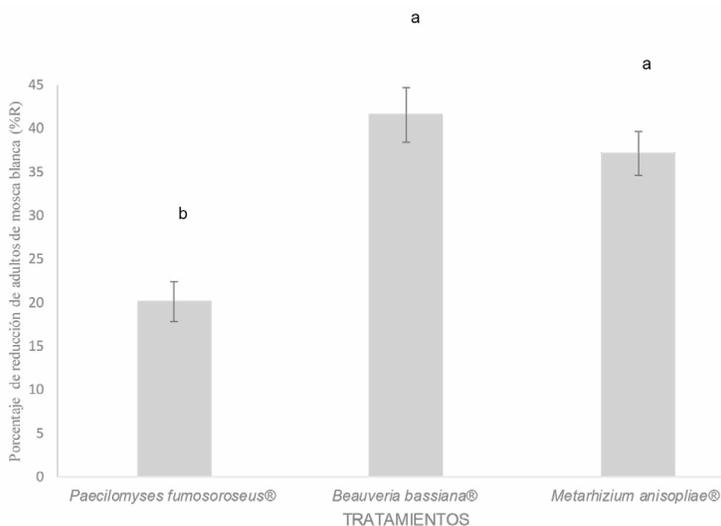
Tratamientos	% Reducción
T1 Testigo	0
T2 <i>Paecilomyces fumosoroseus</i> ®	20.10±2.30 ^b
T3 <i>Beauveria bassiana</i> ®	41.56±3.14 ^a
T4 <i>Metarhizium anisopliae</i> ®	37.12±2.51 ^a

^{abcd} Diferente literal dentro de la columna, indica diferencia significativa ($p \leq 0.05$) entre los tratamientos.

En la Figura 4 se observa el porcentaje de reducción (%R) de adultos de mosca blanca; de los resultados se tiene que el mayor porcentaje de reducción fue en el tratamiento donde se aplicó el hongo entomopatógeno *Beauveria bassiana*®, con un 42.56 %, seguido del tratamiento donde se aplicó *Metarhizium anisopliae*®, con un 37.12 %. Por último, el menor porcentaje se obtuvo en el tratamiento donde se aplicó el hongo *Paecilomyces fumosoroseus*®, con un 20.10 % de reducción de larvas de *B. tabaci*.

Figura 4

Gráfica de porcentaje de reducción (%R) de adultos de mosca blanca



Se encontró diferencia significativa ($p < 0.05$) sobre los porcentajes de reducción de adultos de mosca blanca entre los tratamientos donde se aplicaron *B. bassiana* y *M. anisopliae*, respecto al hongo *I. fumosorosea* (Figura 4). Lo anterior demuestra que los hongos entomopatógenos *Isaria fumosorosea*, *Beauveria bassiana* y *Metarhizium anisopliae* tienen un efecto insecticida sobre las poblaciones de adultos de mosca blanca. En los últimos años, diversos estudios han informado sobre la evaluación del uso de hongos entomopatógenos, destacando su alta eficacia para suprimir y controlar las poblaciones de mosca blanca tanto en condiciones de invernadero como en campo abierto (Souza et al., 2022). No obstante, los hongos entomopatógenos no solo son efectivos en el control de la mosca blanca, según Cua-Basulto et al. (2022), quienes evidenciaron la eficacia biológica de *M. anisopliae* en el control de ácaros fitófagos. De igual manera, Ferrer y Salas (2024) demostraron el impacto de *M. anisopliae* sobre la candelilla (*Aeneolamia varia*), que constituye una plaga que daña la caña de azúcar. En el cultivo de tomate, para el control del gusano del fruto (*Chloridea virescens*), se aplica el hongo entomopatógeno *M. anisopliae* (García-Gutiérrez et al., 2020).

Evaluación de Metarhizium anisopliae® y *Beauveria bassiana*® sobre larvas de gusano cogollero (*Spodoptera frugiperda*) en cultivo de maíz

La Tabla 6 muestra el porcentaje de reducción de larvas de tercer ínstar de gusano cogollero. Una vez realizados los conteos previos y final, se tiene que para este experimento, la efectividad insecticida de *Metarhizium anisopliae* y *Beauveria bassiana* sobre larvas de *S. frugiperda* fue más alta cuando se aplicó el hongo *Beauveria bassiana*.

Tabla 6
Porcentaje de reducción (%R) de larvas de gusano cogollero

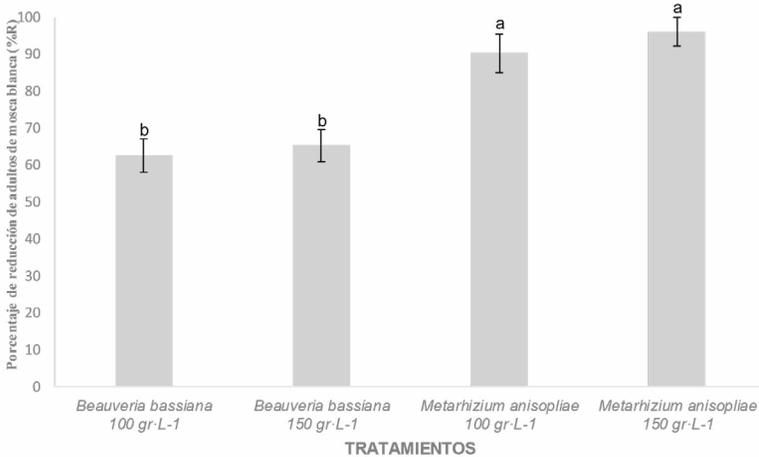
Tratamientos	% Reducción
T1 Testigo	0
T2 <i>Beauveria bassiana</i> ® 100 gr·L ⁻¹	62.59±4.51 ^b
T3 <i>Beauveria bassiana</i> ® 150 gr·L ⁻¹	65.28±4.38 ^b
T4 <i>Metarhizium anisopliae</i> ® 100 gr·L ⁻¹	90.24±5.21 ^a
T5 <i>Metarhizium anisopliae</i> ® 150 gr·L ⁻¹	96.13±3.92 ^a

^{abcd} Diferente literal dentro de la columna, indica diferencia significativa (p£0.05) entre los tratamientos.

En la Figura 5 se observa el porcentaje de reducción (%R) de larvas de tercer ínstar de gusano cogollero, de los resultados se tiene que el mayor porcentaje de reducción se obtuvo en el tratamiento donde se aplicó el hongo entomopatógeno *Metarhizium anisopliae*®, a una dosis de 150 gr·L⁻¹, en el cual se tuvo un 96.13 % de reducción de larvas, seguido del tratamiento donde se aplicó *Metarhizium anisopliae*®, a una dosis de 100 gr·L⁻¹, con un 90.24 % de reducción, en tercer lugar en cuanto al porcentaje de reducción de larvas, se encuentra el tratamiento donde se aplicaron 150 gr·L⁻¹ del hongo *Beauveria bassiana*® con un 65.28 %, por último, el menor porcentaje se obtuvo en el tratamiento donde se aplicó el hongo *Beauveria bassiana*® a una dosis de 100 gr·L⁻¹, con un 62.59 % de reducción de larvas de *S. frugiperda*.

Figura 5.

Gráfica de porcentaje de reducción (%R) de larvas de gusano cogollero



Se encontró diferencia significativa ($p < 0.05$) entre los porcentajes de reducción de larvas de tercer ínstar de gusano cogollero entre los tratamientos donde se aplicaron *M. anisopliae*, respecto al hongo *B. bassiana* (Figura 5). Por tanto, los hongos entomopatógenos *Beauveria bassiana* y *Metarhizium anisopliae* tienen un efecto insecticida sobre larvas de gusano cogollero en cultivo de maíz. Al respecto, Pacheco et al. (2019) encontraron que *Beauveria bassiana* y *Metarhizium anisopliae* se encuentran entre las especies de hongos entomopatógenos más empleados en el control de plagas. Por otro lado, Zelaya-Molina et al. (2022) mencionan que el uso de hongos entomopatógenos es limitado, debido a su prolongado efecto sobre las plagas. Sin embargo, Manzanarez-Jiménez (2024) destaca que hoy en día se buscan alternativas para potenciar el efecto insecticida de hongos entomopatógenos sobre plagas en cultivos agrícolas, como el uso de bioestimulantes. Al respecto, Graciano-Obeso et al. (2023) indicaron que los medios de cultivo suplementados con polvo de pupas de los insectos *Spodoptera frugiperda* Smith (Lepidoptera: Noctuidae) y *Heliothis virescens* Fabricius (Lepidoptera: Noctuidae) favorecen el desarrollo de los hongos entomopatógenos *B. bassiana* y *Metarhizium robertsii* (Ascomycota: Hypocreales).

Conclusiones

- Los hongos entomopatógenos *Beauveria bassiana* y *Metarhizium anisopliae* resultan una alternativa sostenible para el control de larvas del gusano del fruto (*Chloridea virescens*) y adultos de mosca blanca (*Bemisia tabaci*) en cultivo de tomate, y sobre larvas de gusano cogollero (*Spodoptera frugiperda*) en cultivo de maíz.
- El hongo *Metarhizium anisopliae* mezclado con aceite mineral mostró una efectividad biológica más rápida sobre larvas de *Chloridea virescens*, al mostrar un porcentaje de reducción del 72.42 % al séptimo día posterior a la aplicación. El análisis estadístico mostró diferencia significativa entre los tratamientos analizados. Por tanto, existe potencial en la aplicación del hongo entomopatógeno *M. anisopliae* mezclado con aceite mineral para el control del gusano del fruto del tomate *C. virescens* en campo abierto.
- El hongo *Beauveria bassiana* tiene un mayor efecto insecticida sobre las poblaciones de adultos de *Bemisia tabaci* a campo abierto, con un porcentaje de reducción del 41.56 %, por lo tanto, resulta una opción viable en el control de la plaga en cultivo de tomate. Así mismo, el análisis estadístico no mostró diferencia significativa entre el tratamiento donde se aplicó *M. anisopliae*, sin embargo, el tratamiento donde se aplicó *B. bassiana* fue estadísticamente diferente comparado con el tratamiento donde se aplicó el hongo *P. fumosoroseus*.
- El hongo *Metarhizium anisopliae* a una dosis de 150 gr·L⁻¹ demostró una acción más efectiva sobre larvas de tercer ínstar de *Spodoptera frugiperda* en cultivo de maíz, con un porcentaje de reducción de 96.13 %, el cual fue estadísticamente diferente comparado con los tratamientos donde se aplicó el hongo *Beauveria bassiana*.

Referencias

- Chakrabarty, S., Chakraborty, P., Islam, T., Aminul-Islam, A. K. M., Datta, J., Bhattacharjee, T., Minghui, J., & Xiao, Y. (2022). *Bacillus thuringiensis* proteins: structure, mechanism and biological control of insect pests. *Bacilli in Agrobiotechnology: Plant Stress Tolerance, Bioremediation, and Bioprospecting*. pp. 581-608. Springer International Publishing. https://doi.org/10.1007/978-3-030-85465-2_25.
- Chen, W., Hasegawa, D., Kaur, N., Kliot, A., P., V., Luan, J. & Douglas, A. (2016). *The draft genome of whitefly Bemisia tabaci MEAM1, a global crop pest, provides novel insights into virus transmission, host adaptation, and insecticide resistance*. BMC BIOLOGY, 1-15. <https://doi.org/10.1186/s12915-016-0321-y>.
- Cruz-Herrera A. (2018). *Extractos de neem (Azadirachta indica A. Juss.) para el control de mosca blanca (Bemisia tabaci Genn.) en el cultivo de tomate*. Tesis. Universidad Autónoma de Nuevo León. Facultad de Agronomía. P. 59.
- Cua-Basulto, M. E., Ruiz-Sánchez, E., Chan-Cupul, W., Ballina-Gómez, H., Reyes-Ramírez, A., & Hernández-Núñez, E. (2022). Potencial de hongos entomopatógenos para el manejo de la araña roja. *Avances en investigación Agropecuaria*, 26 (Especial), Pags. 7–8. <https://doi.org/10.53897/RevAIA.22.26.13>.
- Ferrer, F., & Salas, J. (2024). De los insecticidas al control biológico de plagas en caña de azúcar: una experiencia de medio siglo en Venezuela. *Revista De Ciencias Ambientales*, 58(1), 1-16. <https://doi.org/10.15359/rca.58-1.1>.
- García-Gutiérrez, C., Armenta-Bojórquez, A. D., Gaxiola-Castro, L. A., Vázquez-Montoya, N. & Acuña-Jiménez, M. (2020). Evaluación de insecticidas biorracionales y Beauveria bassiana (Vuill.) para el control del gusano del fruto del tomate. *Agricultura, Sociedad y Desarrollo*, 17(1), 17-25. <https://doi.org/10.22231/asyd.v17i1.1320>.
- García-Gutiérrez, C., García-Guajardo, M. I., Vejar-Cota, G., Meza-García, L., & Chávez-Medina, J. A. (2020). Macromorfología y crecimiento radial de cepas de hongos entomopatógenos suplementados con polvo de lepidópteros. *Revista Colombiana de Entomología*, 46

- (1), e10164. <https://doi.org/10.25100/socolen.v46i1.10164>.
- Góngora-Gamboa, C., Ruiz-Sánchez, E., Ballina-Gómez, H., & González-Moreno, A. (2020). Efecto de insecticidas bioracionales y neonicotinoides sobre la densidad poblacional de *Bemisia tabaci* y rendimiento de fruto en tomate. *Agroecosistemas Tropicales y Subtropicales*, 23(1). <http://dx.doi.org/10.56369/tsaes.3014>.
- Graciano-Obeso, A., García-Gutiérrez, C., Herrera-Moreno, M. N, Rodríguez-González, H., Sainz-Hernández, J. C., & Flores-Zamora, G. L (2023). Medio suplementado con polvo de pupas de insectos para inducir el crecimiento de *Beauveria bassiana* y *Metarhizium robertsii* y la patogenicidad de *Metarhizium robertsii*. *Revista Colombiana de Entomología*, 49 (1), e12252. <https://doi.org/10.25100/socolen.v49i1.12252>.
- Henderson, C., & Tilton, E. (1955). Test with acaricides against the brow wheat mite. *Journal of Economic Entomology*. 157-161.
- Islam, W., Adnan, M., Shabbir, A., Naveed, H., Abubakar, Y. S., Qasim, M., Tayyab, M., Noman, A., Nisar, M. S., Khan, K. A., & Ali, H. (2021). Insect-fungal-interactions: A detailed review on entomopathogenic fungi pathogenicity to combat insect pests. *Microbial Pathogenesis*, 159, <https://doi.org/10.1016/j.micpath.2021.105122>.
- Manzanarez-Jiménez, L. A., Rosas-García, N. M., Luna-González, A. , Escobedo-Bonilla, C. M. & García-Gutiérrez, C. (2021). *Evaluación de formulaciones en aceites de Beauveria bassiana y Metarhizium anisopliae contra Chloridea virescens F. Southwestern Entomologist* 46(2), 503-510. <https://doi.org/10.3958/059.046.0219>
- Manzanarez-Jiménez, L. A., García-Gutiérrez, C., Rosas-García, N. M., Luna-González, A. & Ortega-Avilés, M. (2023). Formulaciones micro encapsuladas de *Metarhizium anisopliae* contra el gusano tabacalero. *Southwestern Entomologist*, 47(4), 895-902. <https://doi.org/10.3958/059.047.0413>.
- Manzanarez-Jiménez, L. A. (2024). Efecto bioestimulante de *Macrocyctis pyrifer*a en esporas de *Metarhizium anisopliae* y su patogenicidad contra *Chloridea virescens*. *Revista de Ciencias Biológicas y de la Salud*. Volumen XXVI, 387-392. <https://doi.org/10.18633/biotecnia.v26.2321>.

- Neuwirthová, N., Trojan, M., Svobodová, M., Vašíčková, J., Šimek, Z., Hofman, J., & Bielská, L. (2019). Pesticide residues remaining in soils from previous growing season(s) - Can they accumulate in non-target organisms and contaminate the food web?. *Science of The Total Environment*, 646. pp. 1056-1062. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2018.07.357>.
- Pacheco, H. M.; Reséndiz, M. J. & Arriola, P. V. J. (2019). Organismos entomopatógenos como control biológico en los sectores agropecuario y forestal de México: una revisión. *Revista Mexicana de Ciencias Forestales*, 10(56). pp. 4-32. <https://doi.org/10.29298/rmcf.v10i56.496>.
- Reddy, G., & Miller, R. (2014). Biorational versus conventional insecticides-comparative field study for managing red spider mite and fruit borer on tomato. *Crop protection*, 64, 88-92. <https://doi.org/10.1016/j.cropro.2014.06.011>.
- Ruiz-Jiménez, K. Z., Osorio-Osorio, R., Hernández-Hernández, L. U., Ochoa-Flores, A. A., Silva-Vázquez, R. & Méndez-Zamora, G.. (2021). Acaricidal activity of plant extracts against the red palm mite *Raoiella indica* (Acari: Tenuipalpidae). *Revista de la Sociedad Entomológica Argentina*, 80(1). pp. 33-39. <https://doi.org/10.25085/rsea.800104>.
- SIAP. (2024). Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera. Panorama Agroalimentario 2018-2014. Subsector agrícola. *Producción de tomate*. <https://www.gob.mx/siap/acciones-y-programas/panorama-agroalimentario-258035>.
- Souza, F. M. de, Silva, R.A. da, Magalhães, L. da S., & Loureiro, E. de S. (2022). Hongos entomopatógenos asociados con el control de la mosca blanca: una revisión. *Investigación, Sociedad y Desarrollo*, 11 (11), e252111133536. <https://doi.org/10.33448/rsd-v11i11.33536>.
- Steiner, A. A. (1961) A universal method for preparing nutrient solutions of a certain desired composition. *Plant Soil*, 15: 134-154. <https://doi.org/10.1007/BF01347224>.
- Zelaya-Molina, L. X., Chávez-Díaz, I. F., De los Santos-Villalobos, S., Cruz-Cárdenas, C. I., Ruíz-Ramírez, S., & Rojas-Anaya, E. (2022). Control biológico de plagas en la agricultura mexicana. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 13(27). pp. 69-79. <https://doi.org/10.29312/remexca.v13i27.3251>.