

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO
DIVISIÓN DE AGRONOMÍA
DEPARTAMENTO DE PARASITOLOGÍA



Evaluación de Metabolitos de *Beauveria bassiana* y *Metarhizium anisopliae* en el Control de *Rhyzopertha dominica* F.

Por:

ANA CECILIA SANCHEZ RODRIGUEZ

TESIS

Presentada como requisito parcial para obtener el título de:

INGENIERO AGRÓNOMO PARASITÓLOGO

Saltillo, Coahuila, México

Febrero, 2025

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO
DIVISIÓN DE AGRONOMÍA
DEPARTAMENTO DE PARASITOLOGÍA

Evaluación de Metabolitos de *Beauveria bassiana* y *Metarhizium anisopliae* en el
Control de *Rhyzopertha dominica* F.

Por:

ANA CECILIA SANCHEZ RODRIGUEZ

TESIS

Presentada como requisito parcial para obtener el título de:

INGENIERO AGRÓNOMO PARASITÓLOGO

Aprobada por el Comité de Asesoría:



Dr. Ernesto Cerna Chávez
Asesor Principal



Dra. Rocio de Jesús Díaz Aguilar
Asesor Principal Externo



Dra. Yisa María Ochoa Fuentes
Coasesor



Dr. Alberto Roque Enriquez
Coasesor


Dr. Alberto Sandoval Rangel
Coordinador de la División de Agronomía

Saltillo, Coahuila, México.

Febrero, 2025

DECLARACIÓN DE NO PLAGIO

El autor principal quien es el responsable directo, jura bajo protesta de decir verdad que no se incurrió en plagio o conducta académica incorrecta en los siguientes aspectos:

Reproducción de fragmentos o textos sin citar la fuente o autor original (corta y pega); reproducir un texto propio publicado anteriormente sin hacer referencia al documento original (auto plagio); comprar, robar o pedir prestados los datos o la tesis para presentarla como propia; omitir referencias bibliográficas o citar textualmente sin usar comillas; utilizar ideas o razonamientos de un autor sin citarlo; utilizar material digital como imágenes, videos, ilustraciones, graficas, mapas o datos sin citar al autor original y/o fuente, así mismo tengo conocimiento de que cualquier uso distinto de estos materiales como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por las autoridades correspondientes.

Por lo anterior me responsabilizo de las consecuencias de cualquier tipo de plagio en caso de existir y declaro que este trabajo es original.

Autor principal



Ana Cecilia Sanchez Rodriguez

AGRADECIMIENTOS

En primer lugar, quiero expresar mi más sincero agradecimiento a Dios por permitirme culminar y presentar este trabajo de investigación.

A mi “Alma Terra Mater”, por brindarme la oportunidad de realizar mis estudios de Licenciatura.

A mis asesores y coasesores, el Dr. Ernesto Cerna Chávez, Dra. Rocío de Jesús Díaz Aguilar, Dra. Yisa María Ochoa y al Dr. Alberto Roque, por su paciencia, apoyo y valiosos comentarios a lo largo de este trabajo. Su dedicación y tiempo fueron fundamentales para su realización.

A mi prima Ana Sánchez, por su amor incondicional y apoyo constante en todo momento. Su presencia en mi vida ha sido un regalo invaluable y su ayuda, un motivador para seguir adelante.

DEDICATORIA

A mis padres queridos, Sr. Juan Sánchez y Sra. Isabel Rodriguez, por haberme dado la vida y haberme rodeado de infinito amor y apoyo. Su dedicación y esfuerzo incansable me permitieron crecer y formarme como persona. Su confianza en mí me dio la fuerza para seguir adelante y aprovechar cada oportunidad. Gracias por la herencia más valiosa que me han dejado: una formación profesional.

A mis hermanas Lizbeth Sanchez y Elizabeth Sanchez, gracias por los momentos compartidos, por la confianza y el apoyo que siempre me has brindado y a mi cuñado Yahir Rivera, por su apoyo incondicional y su ayuda constante a lo largo de mi carrera. A mis sobrinas, su presencia es un recordatorio constante de la importancia de la familia y el amor.

A mis abuelas, Concepción Flores y Ernestina Nopala por su amor incondicional y por ser un ejemplo de fortaleza y sabiduría en mi vida.

A la memoria de mis abuelos, Hipólito Sanchez y Lucas Rodriguez, aunque no estuvieron físicamente presentes en mi vida, sé que siempre me cuidaron y me dieron la fuerza para seguir adelante.

A mi familia extendida, Rodriguez Flores y Sanchez Nopala, agradezco su apoyo y consejos a lo largo de los años. Su amor y comprensión me han permitido crecer y alcanzar mis metas.

A mis amigos Ricardo López, Vanessa Sosa, Naydelin Escobar, Aidyl Flores y Karina Ortiz, por su apoyo incondicional, ánimos y complicidad han hecho que este viaje sea verdaderamente inolvidable. Gracias por estar siempre presentes. También a mis compañeros de carrera Luis Jaime, Monserrat Castro, Stefany Verazaluce, Rubén Quintero, Alfaro López y Kenia Maca, por su apoyo y ayuda, que fue crucial para mi éxito. Y a mis amigas de larga distancia, Alejandra Castañeda y Melani tapia por mantener viva nuestra conexión y ser una fuente de inspiración y apoyo en momentos de necesidad. Y a Dña. Lydia Saucedo, por su amor y hospitalidad, que me han hecho sentir como en casa.

ÍNDICE GENERAL

Contenido

ÍNDICE GENERAL	i
LISTA DE GRÁFICAS	iii
LISTA DE CUADROS	iv
RESUMEN	v
ABSTRACT	vi
INTRODUCCIÓN	1
REVISIÓN DE LITERATURA	4
Importancia de granos en el almacén	4
Importancia de los insectos plagas en granos almacenados	5
Plagas que se encuentran en el maíz almacenado	5
Gorgojo del maíz (<i>Sitophilus zeamais</i> Motchulsky).	6
Gorgojo del trigo (<i>Sitophilus granarius</i> L.)	6
Gorgojo castaño de la harina (<i>Tribolium castaneum</i> Herbst).	7
Barrenador menor del grano (<i>Rhyzopertha dominica</i>).	7
Clasificación Taxonómica	8
Origen y distribución	8
Descripción morfológica	8
Ciclo de vida.	9
Daños y pérdidas	9
Control de <i>Rhyzopertha dominica</i> .	10
Control biológico	12
Hongos entomopatógenos	12
<i>Metarhizium anisopliae</i>	12
Metabolitos secundarios en <i>Metarhizium anisopliae</i>	13
<i>Beauveria bassiana</i>	13
Metabolitos secundarios de <i>Beauveria bassiana</i>	14
MATERIALES Y MÉTODOS	15

Ubicación del experimento-----	15
Incremento de colonia de <i>Rhizopertha dominica</i> . -----	15
Establecimiento de bioensayos -----	15
Análisis estadístico -----	16
RESULTADOS Y DISCUSIÓN -----	17
CONCLUSIONES-----	25
BIBLIOGRAFÍA -----	26

LISTA DE GRÁFICAS

Gráfica 1. Porcentaje de mortalidad de <i>R. dominica</i> en bioensayo de película residual con metabolitos de <i>M. anisopliae</i>	18
Gráfica 2. Porcentaje de mortalidad de <i>R. dominica</i> en bioensayo de película residual con metabolitos de <i>B. bassiana</i>	19
Gráfica 3. Porcentaje de mortalidad de <i>R. dominica</i> en bioensayo de inmersión con metabolitos de <i>M. anisopliae</i>	20
Gráfica 4. Porcentaje de mortalidad de <i>R. dominica</i> en bioensayo de inmersión con metabolitos de <i>B. bassiana</i>	22

LISTA DE CUADROS

Cuadro 1. CL ₅₀ de <i>R. dominica</i> en bioensayos de película residual con metabolitos de <i>M. anisopliae</i> y <i>B. bassiana</i> .-----	23
Cuadro 2. CL ₅₀ de <i>R. dominica</i> en bioensayos de inmersión con metabolitos de <i>M. anisopliae</i> y <i>B. bassiana</i> .-----	24

RESUMEN

El maíz es un grano fundamental para la alimentación, la cultura y la economía, especialmente en áreas rurales. La conservación de los granos almacenados es crucial debido a su importancia alimentaria y su vulnerabilidad ante plagas como roedores, insectos y hongos. Las plagas causan pérdidas económicas significativas y se clasifican en primarias y secundarias. Una de las plagas más importantes es *Rhyzopertha dominica*, que afecta cereales y semillas en países como Argentina y Estados Unidos. Para controlar la población de *R. dominica*, se utiliza el manejo integrado de plagas, que combina métodos como, limpieza profunda con productos biodegradables, uso de aceites esenciales, manipulación de temperatura y humedad, sin embargo, el método más común es el control químico, que implica el uso de fumigantes sólidos, como pastillas a base de fosforo de aluminio y bromuro de metilo, pero son altamente tóxicos para humanos y animales. Además, se ha reportado que *R. dominica* ha desarrollado resistencia al malatión, por lo que es necesario buscar alternativas para el control de esta plaga como el uso de hongos entomopatógenos como *Metarhizium anisopliae* y *Beauveria bassiana*, ya que estos hongos producen metabolitos tóxicos que debilitan al insecto provocando la muerte. En este experimento se evaluaron metabolitos de *M. anisopliae* y *B. bassiana*, a través de dos bioensayos por película residual y por inmersión en condiciones de laboratorio, donde se aplicaron diferentes concentraciones 500 ppm, 1000 ppm, 2500 ppm, 3000 ppm, 3500 ppm, 5000 ppm, 6500 ppm, 8000 ppm y 10000 ppm, donde se registró la mortalidad diaria durante seis días y se calculó el porcentaje de mortalidad y la concentración letal media (CL₅₀) de cada tratamiento. De acuerdo con los resultados la dosis de 6500ppm de *M. anisopliae* en película residual y 500 ppm de *B. bassiana* en inmersión presentaron el mayor porcentaje de mortalidad alcanzando hasta 12.2%. Para la concentración letal media (CL₅₀) en película residual *B. bassiana* presentó un valor de 4453317 ppm siendo la dosis más baja. Estos resultados muestran que ambos hongos tienen potencial de control sobre *R. dominica*, pero su eficacia depende del método de aplicación y la concentración utilizada.

Palabras clave: Entomopatógenos, metabolitos, *Rhyzopertha dominica*.

ABSTRACT

Corn is a fundamental grain for food, culture and economy, especially in rural areas. The conservation of stored grains is crucial due to their food importance and their vulnerability to pests such as rodents, insects and fungi. Pests cause significant economic losses and are classified into primary and secondary pests. One of the most important pests is *Rhyzopertha dominica*, which affects cereals and seeds in countries such as Argentina and the United States. To control the population of *R. dominica*, integrated pest management is used, which combines methods such as deep cleaning with biodegradable products, use of essential oils, temperature and humidity manipulation; however, the most common method is chemical control, which involves the use of solid fumigants, such as tablets based on aluminum phosphide and methyl bromide, but they are highly toxic to humans and animals. In addition, it has been reported that *R. dominica* has developed resistance to malathion, so it is necessary to seek alternatives for the control of this pest such as the use of entomopathogenic fungi such as *Metarhizium anisopliae* and *Beauveria bassiana*, since these fungi produce toxic metabolites that weaken the insect causing death. In this experiment, metabolites of *M. anisopliae* and *B. bassiana* were evaluated through two bioassays by residual film and by immersion under laboratory conditions, where different concentrations of 500 ppm, 1000 ppm, 2500 ppm, 3000 ppm, 3500 ppm, 5000 ppm, 6500 ppm, 8000 ppm and 10000 ppm were applied, where daily mortality was recorded for six days and the percentage of mortality and the mean lethal concentration (LC₅₀) of each treatment were calculated. According to the results, the doses of 6500ppm of *M. anisopliae* in residual film and 500 ppm of *B. bassiana* in immersion presented the highest percentage of mortality reaching up to 12.2%. For the mean lethal concentration (LC₅₀) in residual film *B. bassiana* presented a value of 4453317 ppm being the lowest dose. These results show that both fungi have the potential to control *R. dominica*, but their efficacy depends on the method of application and the concentration used.

Key words: Entomopathogens, metabolites, *Rhyzopertha dominica*.

INTRODUCCIÓN

Los granos almacenados son esenciales para asegurar la disponibilidad continua de alimentos especialmente en periodos de escasez o alteraciones en la producción agrícola, lo cual permite mitigar el impacto de factores climáticos adversos y garantizar el acceso a productos básicos durante el año, además, contribuye a la estabilidad económica al equilibrar la oferta y la demanda, evitando fluctuaciones de precios (García-Lara *et al.*, 2007).

A lo largo de la historia, el maíz ha constituido uno de los granos de mayor relevancia en términos de almacenamiento y conservación, su importancia radica no solo en su valor alimenticio, sino también en su profundo significado cultural, el almacenamiento adecuado de este grano es crucial debido a su uso de amplia gama a lo largo del tiempo (FAO, 2001). Sin embargo, estos granos son atacados por diferentes plagas que son favorecidas por la temperatura y la humedad del almacén (Arévalos *et al.*, 2021). En México, la presencia de plagas en los granos almacenados es superior al 80% en regiones húmedas, afectando la calidad comercial del grano y además genera condiciones óptimas para el ataque de hongos por lo que el costo de insecticidas y fungicidas aumenta, poniendo en riesgo los límites máximos de residuos (García *et al.*, 2003). Las plagas que afectan gravemente a los granos almacenados son principalmente coleópteros con el 75% como los géneros *Sitophilus* spp., *Tribolium* spp. y *Rhyzopertha* spp., el 15% son lepidópteros como *Plodia interpunctella*, *Sitotroga cerealella* y el resto como cucarachas, roedores, ácaros y hongos (Viñuela *et al.*, 1993).

El barrenador menor del grano *Rhyzopertha dominica* es una plaga de gran importancia en granos almacenados dañando la calidad del producto, contaminando y deteriorando el grano (Edde, 2012). Dentro de los insecticidas residuales para el control de este insecto está el malation y deltametrina siendo altamente tóxicos (Hernández y Sissinno, 2007), otro método de control es la fumigación con fosfina siendo el más utilizado, sin embargo, causa daños a la salud humana por lo que es necesario disminuir el uso de productos químicos (Iturralde-García *et al.*, 2022).

Una alternativa para el control de este insecto son los hongos entomopatógenos, entre los más destacados están *Metarhizium anisopliae* y *Beauveria bassiana*, ya que han demostrado un amplio uso y eficacia como insecticidas biológicos, la acción letal de estos hongos se debe a la producción de toxinas que afectan al insecto de varias maneras: inhiben su alimentación, causan desorientación, cambios de color y destrucción de tejidos, lo que finalmente conduce a la muerte de los insectos (González-Castillo *et al.*, 2012).

Objetivo general

Evaluar en condiciones de laboratorio el efecto insecticida de metabolitos de *Metarhizium anisopliae* y *Beauveria bassiana* sobre adultos de *Rhyzopertha dominica*.

Objetivos específicos

Evaluar el porcentaje de mortalidad de *Rhyzopertha dominica* mediante bioensayos de inmersión y película residual.

Determinar la CL₅₀ de los metabolitos en los bioensayos de inmersión y película residual sobre *Rhyzopertha dominica*.

Hipótesis

Se estima que al menos uno de los tratamientos evaluados sea efectivo en el control de *Rhyzopertha dominica*.

REVISIÓN DE LITERATURA

Importancia del maíz

El maíz es uno de los granos básicos más importantes y necesarios en la alimentación, sociedad, cultura y economía (SADER, 2023). La cual tiene un profundo significado e impacto en la historia, especialmente en zonas rurales en donde está presente en la vida cotidiana (Kato *et al.*, 2009).

En 2023 Estados Unidos fue el mayor productor de maíz a nivel mundial, con una producción de 389.69 millones de toneladas, como segundo lugar China con 289.08 millones de toneladas y Brasil ocupó el tercer lugar 131.95 millones de toneladas (FAO, 2023). En México la producción total de maíz en grano en 2023 fue de 22,046,099.16 ton, en donde los principales estados productores fueron Sinaloa con 6,590,097.93 ton, Jalisco 1,957,724.20 ton y Guanajuato 1,678,972.75 ton (SIAP, 2023).

Importancia de granos en el almacén

La conservación de los granos almacenados es importante para el ser humano debido a su relevancia en la dieta, por ello es necesario protegerlos de otros competidores, esto es necesario debido a la creciente demanda de alimentos conforme incrementa la población mundial (Apodaca, *et al.*, 2009). La mayoría de los granos son utilizados para alimento o semilla y pueden ser almacenados durante semanas o años, esto como último paso de la producción agrícola, para ello es necesario conservar la calidad del producto, eligiendo el tipo de almacén adecuado además de controlar la temperatura y humedad (Meza *et al.*, 2009). Sin embargo, aún con las medidas adecuadas el producto almacenado es propenso al ataque de roedores, insectos, hongos y bacterias que son la causa de las pérdidas de los granos, a nivel mundial los insectos pueden atacar hasta un 10% de almacenes favoreciendo su desarrollo la temperatura y humedad (García *et al.*, 2009).

Importancia de los insectos plagas en granos almacenados

Los granos son de gran importancia para el consumo humano, animal e industrial y son atacados por insectos, hongos y roedores, en México el 75% se cultiva en temporal con agricultores de pequeña y mediana escala, durante la cosecha existe un problema ya que es necesario almacenar el producto para el autoconsumo y conservación del grano, ya que son susceptibles a hongos del género *Fusarium* y *Aspergillus* productores de micotoxinas, además, de los insectos que causan grandes pérdidas (Nava y García, 2009), estos insectos tienen una alta movilidad y pueden migrar a diferentes áreas en busca de alimento siendo los órdenes coleóptera y lepidóptera las más importantes (Torres-Avendaño *et al.*, 2022). Los insectos que causan mayor pérdida económica en el almacén son las infestaciones primarias de *Sitophilus oryzae* y *Rhyzopertha dominica* y las infestaciones secundarias son por *Oryzaephilus surinamensis* y *Tribolium castaneum* (Musso, 2023).

Plagas que se encuentran en el maíz almacenado

Durante el proceso de almacenamiento del maíz existen factores que incrementan la población de plagas dependiendo de la región donde se encuentre el grano, las condiciones climáticas y el sistema de almacenamiento (SADER, 2024). Los insectos que más causan daño a los granos enteros y sanos se conocen como plagas primarias, teniendo que el adulto o la larva penetran la cubierta del grano, ovipositando o alimentándose de él, algunas especies de mayor importancia son *Sitophilus oryzae*, *S. granarius*, *S. zeamais* y *Rhyzopertha dominica* (Patiño *et al.*, 2021). Por otro lado, se conocen como plagas secundarias a los insectos que atacan a los granos partidos o dañados por plagas primarias reproduciéndose fácilmente, siendo *Tribolium castaneum*, *T. confusum*, *Oryzaephilus surinamensis*, entre otras especies (Felicitti, 2020). Estas especies producen dos tipos de daños, directos que acortan la capacidad germinativa y el valor nutritivo del grano, así como también, la pérdida del peso y los daños indirectos son los más importantes las cuales afectan

tanto al comercio como al consumo humano o animal, ya que pueden ser hospederas de patógenos como bacterias y hongos (Viñuela *et al.*, 1993).

Gorgojo del maíz (*Sitophilus zeamais* Motchulsky).

El gorgojo del maíz es una plaga importante que afecta a todos los cereales principalmente a los granos de maíz y sorgo, este insecto pertenece a la familia de los curculionidos del orden coleóptera (García-Lara *et al.*, 2007). Los adultos son de color café a casi negro, una característica es que la parte anterior de su cabeza es delgada y alargada en forma de pico, sus élitros tienen manchas rojizo-amarillo y tiene una gran capacidad de volar, la hembra llega a poner hasta 250 huevecillos teniendo 2 a 3 generaciones por año, su ciclo biológico dura 4 a 6 semanas dependiendo de la temperatura (García *et al.*, 2009). La infestación de este insecto comienza cuando el grano tiene una humedad relativa del 50% y se reportan que la tasa del daño puede alcanzar el 30-40% (Sebayan *et al.*, 2023).

Gorgojo del trigo (*Sitophilus granarius* L.)

Es un pequeño curculionido que se alimenta de granos almacenados como el trigo, avena y maíz, este insecto mide de 3 a 4 mm de longitud, es de cuerpo cilíndrico de color café oscuro con manchas claras en sus élitros, la hembra puede ovipositar hasta 250 huevecillos, el ciclo biológico dura de 30 a 42 días (Burghetti *et al.*, 2022). Se reproduce únicamente con una humedad mayor de 9.5% y una temperatura de 12 °C, el ataque del adulto y larva afecta la calidad y el peso del grano, también favorece a la aparición de mohos y pueden sobrevivir hasta 115 días sin alimento (Boniecki *et al.*, 2020). Dentro de las alternativas como control biorracional de este curculionido existen algunos extractos de *Heliopsis longipes* (Parola-Contreras, 2019).

Gorgojo castaño de la harina (*Tribolium castaneum* Herbst).

Es una plaga internacional de productos almacenados, su capacidad de encontrar e infestar productos básicos es alta, ha sido un modelo para estudiar la biología evolutiva y del desarrollo, al igual que otros coleópteros (Campbell *et al.*, 2022). *T. castaneum* posee una metamorfosis completa, la longitud promedio es 3-4 mm, la hembra pone huevecillos de manera aislada llegando a poner alrededor de 400 huevecillos durante más de un año, dependiendo de las condiciones ambientales su ciclo de vida es de aproximadamente de 30 a 40 días, la temperatura y humedad relativa para su desarrollo son de 25 °C y 75% (Viñuela *et al.*, 1993). Como insecticida botánico para el control de esta especie se utilizan los aceites de *Balanites aegyptica*, que contiene compuestos químicos como ácidos que al tener contacto provoca toxicidad en el insecto (Mokhtar *et al.*, 2021).

Barrenador menor del grano (*Rhyzopertha dominica*).

Esta plaga fue descrita por Fabricius en 1792, posteriormente Potier en 1935 se encargó de realizar experimentos de la biología y los hábitos alimenticios, enseguida Birch en 1944 realizó algunas investigaciones acerca de la temperatura y humedad relativa en el desarrollo de huevecillos y en 1945 observó las causas de mortalidad en inmaduros, por otra parte, Howe en 1950 trabajó en el desarrollo de *Rhyzopertha dominica* bajo condiciones controladas y Golebiowska en 1962 observó que las hembras no ovipositan a una temperatura debajo de 16°C (Fanori y García, 1992).

Clasificación Taxonómica

Este insecto presenta la siguiente posición taxonómica (Garner, 1933).

Reino: Animalia

Phyllum: Artropoda

Clase: Insecta

Orden: Coleoptera

Suborden: Polyphaga

Familia: Bostrichidae

Género: *Rhyzopertha*

Especie: dominica

Origen y distribución

El país de origen de esta plaga es India, sin embargo, es de gran importancia como plaga de granos almacenados en países como Argentina y Estados Unidos, además, también se ha registrado que puede atacar madera (Potter, 1935), debido a su amplia distribución geográfica, *R. dominica* es considerada una plaga cosmopolita de los cereales, presente en todo el mundo (Buonocore *et al.*, 2017), en Cuba, específicamente, se reporta como una de las plagas primarias que afectan la semilla de arroz almacenado (Pacheco *et al.*, 2008).

Descripción morfológica

R. dominica es un pequeño insecto que se caracteriza por su color café castaño que mide aproximadamente 3 mm de largo, con cuerpo cilíndrico lo que le permite moverse fácilmente, el pronoto de esta especie es casi redondo y presenta un declive poco marcado, el protórax tiene forma de capucha que cubre la cabeza, mientras que sus antenas son de forma triangular y aplanadas compuestas por 10 segmentos, el ciclo reproductivo de este insecto comienza con la puesta de huevo que son blancos, al igual que la larva que tiene forma arqueada con tres pares de

patas y la pupa inicialmente blanquecina aunque luego se oscurece (García *et al.*, 2009).

Ciclo de vida.

Esta especie posee una metamorfosis completa, lo que significa que su ciclo consta de cuatro estadios huevo, larva, pupa y adulto (Musso, 2023). La hembra puede poner alrededor de 500 huevecillos por oviposición, estos duran 32 días a una temperatura de 18°C, las larvas jóvenes no pueden penetrar el grano y mudan dos veces, en cambio sí se encuentran dentro del grano pueden mudar hasta cinco veces, este desarrollo dura de 27 a 31 días a 28 °C, la pupa se desarrolla en una celda y dura de 5 a 7 días a 28°C y el adulto permanece en el grano entre 3 a 5 días antes de alimentarse, la oviposición de esta especie comienza 15 días después y puede durar hasta 4 meses, este barrenador vuela fácilmente ya que son trasladados por corrientes de aire (Mason, 2018).

Daños y pérdidas

Durante el almacenamiento, *R. dominica* se alimenta de varios cereales, principalmente de granos y semillas que pertenezcan a las familias poaceae y fabaceae, también se reportan daños en productos farmacéuticos almacenados, cuero, madera, yeso de barro y papel (Edde, 2012). El daño que causa la larva y el adulto afecta la calidad comercial, provoca pérdida de peso en el grano y genera condiciones óptimas para la infección de hongos ya sea por la alimentación u oviposición del insecto en donde penetra el grano dejando perforaciones irregulares, granos partidos y formación de polvillo (Abadía y Bartosik, 2013).

Se reporta que en trigo la pérdida es del 5 al 15% a nivel mundial (Iturralde-García *et al.*, 2022). En Argentina se pierde alrededor del 6% de la producción de granos almacenados (Fusé *et al.*, 2013) y en México no se encuentra información precisa sobre la cantidad de pérdidas, pero se calcula que aproximadamente entre el 5 y 25% se pierde en la producción total de granos básicos debido al daño de insectos (Mendoza *et al.*, 2016).

Control de *Rhyzopertha dominica*.

El manejo integrado de plagas es una alternativa ya que reduce la población, sin afectar la relación costo-beneficio del cultivo y no interfiere en la relación de las plagas y sus enemigos naturales, este manejo incluye diferentes métodos de control (Chicaré, 2018). Dentro de la prevención esta la pre-limpieza del grano que es remover el material fino, por otro lado, el enfriamiento del almacén por aeración con ayuda de ventiladores favorece que el aire circule y disminuya la reproducción de los insectos (Ferrari *et al.*, 2017), posteriormente hacer limpieza a fondo desde paredes, piso, techo o cualquier repisa con ayuda de detergentes biodegradables con cloro y desinfectante que no deje residuos, al igual que el personal que esté involucrado de manera constante, hacer uso de vestimenta adecuada y utilizar herramientas necesarias (García *et al.*, 2009).

Otra alternativa a este problema es el uso de aceites esenciales extraídos de plantas aromáticas presentando propiedades insecticidas, el modo de acción no está completamente identificado, ya que algunos extractos actúan bloqueando los receptores y dañando el sistema nervioso, siendo un ejemplo el extracto de *Peumus boldus* (Pizarro *et al.*, 2014), además, se reporta el uso de aceites como canela, comino, eneldo, romero, lavanda y ajo combinados con radiación gamma la cual produce un efecto tóxico en los adultos (Salman y Hamad, 2024), por otra parte, el extracto de hoja de moringa causa hasta el 81% de mortalidad en *R. dominica* (Yaraşır *et al.*, 2024).

Como control físico se utilizan algunos factores abióticos que se manipulan como la temperatura, en donde el almacén debe de estar por debajo de los 15 °C o mayor a los 35 °C, por otra parte, reducir la humedad del grano a niveles mínimos, ya que los insectos no pueden desarrollarse ni reproducirse en estas condiciones (Meza *et al.*, 2009), de igual manera el uso de polvos inertes para combatir insectos fueron registrados en el año 2000 A.C aproximadamente, y se refiere a la utilización de tierra de diatomeas en China, actualmente es usado para la protección de granos almacenados en países como Europa y Asia, siendo compuestos por dióxido de

silicio (SiO₂) y restos fosilizados de diatomeas de algas unicelulares que provienen de ambientes marinos como océanos, lagunas o lagos, el mecanismo de acción de este insecticida es la absorción de los lípidos cuticulares del insecto que provoca su deshidratación y muerte (Fusé *et al.*, 2013).

El control químico se requiere cuando la densidad de población es alta, para el control de esta plaga se emplean fumigantes, como gases que penetran el grano y eliminan a los insectos tanto en su superficie como en su interior, estos productos son altamente peligrosos para los humanos y animales (Johnson y Townsend, 1981). Se reporta que desde el año 1958 *R. dominica* y otros insectos de almacén han desarrollado resistencia al ingrediente activo malatión en regiones como el Medio Oeste y Sudeste (Zettler y Cuperus, 1990), por lo anterior se han utilizado mezclas de organofosforados y piretroides sintéticos que han sido efectivos para su control (García-Lara *et al.*, 2007), el mecanismo de acción de estos compuestos se basa principalmente en interferir el sistema nervioso, inhibiendo la enzima colinesterasa, dentro de este grupo de insecticidas se encuentran productos como el diazinón y clorpirifós, también, el lindano se utiliza comúnmente para el recubrimiento de semillas, demostrando eficacia contra insectos de suelo, además, en forma de humo es efectivo para el control de plagas de granos almacenados, ya que puede penetrar la cutícula de los insectos (Ponce *et al.*, 2006), de igual manera, actúa sobre el sistema nervioso pero no inhibe la enzima colinesterasa, en Nigeria el lindano se utiliza para controlar el gorgojo que afecta la nuez de cola (Dutta y Schafer, 2003). Además de estos productos, se reporta el uso de fumigantes sólidos como las pastillas a base de fosfuro de aluminio (que libera gas fosfina) o fosfuro de magnesio, siendo estos pesticidas de bajo costo, sin embargo, son severamente tóxicos en humanos y animales ya que pueden ser inhalados, ingeridos o por contacto, la vida media de este gas en el aire expuesto a la luz es de cinco horas y sin luz puede durar hasta 28 horas, causando una tasa de mortalidad del 50% en *R. dominica* (Moghadamnia, 2012), por otra parte, se reporta el uso del bromuro de metilo para la fumigación de almacenes, sin embargo debido a su toxicidad y a que el gas que libera al ambiente debilita la capa de ozono fue prohibido en 2007 y en México ya no se importa este producto (González, 2006; SEMARNAT, 2014).

Control biológico

Este método plantea el uso de organismos benéficos o enemigos naturales, con el objetivo de reducir la población de la plaga, como agentes de control natural están los depredadores, parasitoides y patógenos, la cual se vuelve una alternativa a los insecticidas químicos (Nicholls, 2008), este control puede ser de manera directa o indirecta con ayuda de enemigos naturales como las avispas que pertenecen a la familia Pteromalidae, Hymenopteras, depredadores como el escarabajo *Tereotrisoma nigrescens* o parasitos como *Bracon hebetor* (García-Lara *et al.*, 2007) también feromonas y sustancias que pertenezcan al grupo de entomófagos y patógenos (Chicaré, 2018).

Hongos entomopatógenos

Son organismos microscópicos que se desarrollan en ambientes frescos, húmedos y con poca luz solar, se pueden encontrar en estiércol, suelo, plantas e insectos y desempeñan un papel importante en el control biológico de insectos plaga, según estudios, existen alrededor de 700 especies de hongos entomopatógenos, distribuidas en 100 géneros, siendo los más importantes *Metarhizium*, *Beauveria*, *Erynia*, *Fusarium*, *Paecilomyces* y *Verticillium* (Jiménez-Martínez, 2009). Estos hongos producen metabolitos tóxicos lo que provoca la muerte del insecto, la mayoría de estos productos pertenecen a hongos *Hypocreales*, en las cuales esta *Beauveria* spp. *Metarhizium* spp., *Lecanicillium* spp., e *Isaria* spp. (Espinell *et al.*, 2019).

Metarhizium anisopliae

Fue aislado por Lya Mechnikon en 1879, es uno de los hongos filamentoso más comunes que se ha investigado y utilizado como patógeno natural para controlar una amplia gama de insectos principalmente a coleópteros y lepidópteros, se encuentra en el ambiente hasta en el suelo (Hernández-Rosas *et al.*, 20219). *M.*

anisopliae causa la “Musca verde”, una enfermedad que infecta a larva y pupa lo cual provoca lentitud y pérdida de apetito, la infección se ve a simple vista ya que es de color verde y polvoriento de conidios (Pacheco *et al.*, 2019), puede tardar alrededor de 6 días en aparecer la infección, las condiciones que requiere este hongo son alta humedad, luz ultra violeta baja y con temperatura de 18 a 29°C, el proceso de infección de esta especie en insectos es por medio de las esporas, las cuales se dispersan por el viento o lluvia y se adhieren al huésped en donde las esporas germinan y penetran al insecto, el hongo comenzara a crecer y producirá una toxina lo que hará que los nutrientes exploten dentro del insecto, posteriormente el hongo crece y reproduce fuera del insecto facilitando su propagación en el ambiente (SWoboda, 2022).

Metabolitos secundarios en *Metarhizium anisopliae*

M. anisopliae produce una diversidad de metabolitos, siendo las destruxinas la más estudiadas por su toxicidad y esta se genera a partir de la fermentación del hongo, existiendo 38 variantes que se agrupan en cinco categorías químicas, etiquetadas de la A a la E, entre estas las destruxinas A, E y B han demostrado propiedades insecticidas, su importancia radica en que debilitan las defensas del huésped, afectando el sistema muscular y los tubos de Malpighi, lo que dificulta la alimentación y movilidad (Schrank y Vainstein, 2010). El compuesto conocido como serinociclinas tiene actividad insecticida para control de larvas de mosquito, en cambio, metaquelines y ferricronina son sideroforos teniendo la facilidad de adquirir hierro, lo que es crucial para la supervivencia de los organismos, algunos otros son Tirosina betaina, metarhizinas, citocalasinas, taxonos, algunos de estos metabolitos inhiben actividades enzimáticas como la ATPasa (Pavone, 2021).

Beauveria bassiana

Fue descubierto por Agostino Bassi en el siglo XIX a partir de cadáveres de gusanos de seda, es capaz de invadir y afectar a más de 200 especies de insectos (Wang *et al.*, 2021). Este hongo pertenece a la clase de los Deuteromycetes, siendo uno de

los primeros entomopatógenos para el control de insectos, pudiendo ocasionar la enfermedad conocida como “muscardina blanca”, en medios de cultivo su desarrollo dura 21 días a temperaturas de 27 °C aproximadamente, este hongo se identifica por ser polvoriento, blanco algodonoso o amarillo cremoso” (Hernández-Domínguez *et al.*, 2024). El ciclo de vida de este hongo comienza cuando las conidias se adhieren a la cutícula de los insectos, seguida de la germinación de la unidad infectiva sobre la cutícula, luego penetra al insecto por el tubo germinativo produciendo metabolitos tóxicos provocando la muerte del huésped, una vez que el insecto muere pasa a la fase de multiplicación de levadura o cuerpos hifales en el homocelo en donde crece en forma micelial e invade todos los órganos del huésped, finalmente las hifas penetran desde el interior hacia el exterior del insecto completando su ciclo de vida y propagándose en el ambiente (Hernández y Berlanga, 1999). También se ha reportado algunos estudios del uso de este hongo para el control de huevos y ninfas de *B. tabaci* teniendo un porcentaje de mortalidad hasta el 96.5 % (Ruiz *et al.*, 2009).

Metabolitos secundarios de *Beauveria bassiana*

El hongo *B. bassiana* produce gran cantidad de metabolitos dentro de los que destacan oosporeina, tenelina, bassianina, beauvericina, bassianolida y ácido oxálico (Ávila-Hernández *et al.*, 2022), siendo bauvericina el metabolito más estudiado ya que destruye células o tejidos y produce alteraciones en la muda y metamorfosis del insecto (Borges *et al.*, 2010), la actividad insecticida de este metabolito se reportó por primera vez en el año 1969 por Hamill *et al.* (1969), por otro lado, el metabolito bassianolida tiene la capacidad de inhibir la concentración del músculo inducida por la acetilcolina a diferentes larvas de insectos y oosporeína tiene propiedades antitumorales, antioxidantes y citotóxicas (García-Estrada *et al.*, 2016).

MATERIALES Y MÉTODOS

Ubicación del experimento

El experimento se realizó en el Laboratorio de Toxicología ubicado en el Departamento de Parasitología Agrícola, perteneciente a las instalaciones de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro.

Incremento de colonia de *Rhyzopertha dominica*.

Se estableció la colonia del barrenador *R. dominica* colocando granos de maíz libres de plagas y enfermedades en un recipiente de plástico transparente de 3 litros, posteriormente se introdujeron 400 adultos de *R. dominica* y el recipiente se cubrió con tela de organza sujetado con una liga para prevenir la fuga de los insectos. Después, el recipiente se colocó en una cámara bioclimática con una temperatura de $26\pm 2^{\circ}\text{C}$, esto para lograr el incremento del insecto.

Establecimiento de bioensayos

Se evaluaron metabolitos de *Metarhizium anisopliae* y *Beauveria bassiana*, a través de dos bioensayos por película residual y por inmersión en cajas Petri, utilizando diferentes concentraciones 500 ppm, 1000 ppm, 2500 ppm, 3000 ppm, 3500 ppm, 5000 ppm, 6500 ppm, 8000 ppm y 10000 ppm, con tres repeticiones para cada tratamiento. Se evaluó la mortalidad de *R. dominica* durante las 24, 48, 72, 96, 120, 144 y 168 horas, tomando como criterio de mortalidad la ausencia de movilidad a través de estímulos con la ayuda de un pincel. Se contó con testigos absolutos para cada bioensayo y únicamente fueron tratados con agua.

Para el método de película residual se utilizó Tween 80 como adherente, se adicionaron las cajas Petri con 1ml del producto y con ayuda de una varilla previamente esterilizada se esparció uniformemente sobre la superficie de la caja, cuando se evaporó el líquido completamente se colocaron 30 insectos adultos de *R. dominica* en cada caja.

Para la técnica de inmersión se prepararon 100 ml de las diferentes concentraciones. Después se colocaron 30 insectos en una tela (Organza) en donde se sumergieron por 5 segundos en cada dosis, posteriormente se eliminó el exceso de líquido con toallas de papel y se colocaron los insectos en cajas Petri.

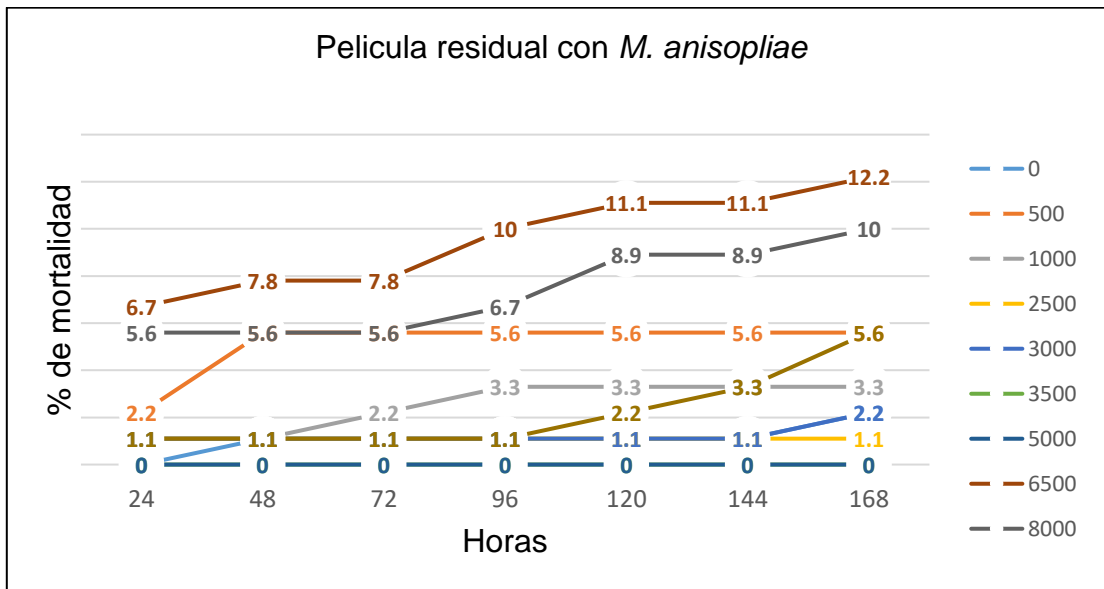
Análisis estadístico

Una vez obtenidos los datos se calculó el porcentaje de mortalidad y se calculó la concentración letal media (CL_{50}) para cada uno de los tratamientos, a través de un análisis Probit mediante el programa estadístico Statistical Analysis System (SAS) versión 9.1.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En la gráfica 1 se presentan los resultados del bioensayo de película residual utilizando metabolitos de *Metarhizium anisopliae*, en donde los datos muestran que la concentración de 6500 ppm alcanzó una mortalidad del 12.2% en adultos de *Rhyzopertha dominica* transcurridos 7 días, con un aumento de mortalidad de 2.2% después de 72 horas. Por otro lado, el tratamiento con 8000 ppm alcanzó una mortalidad del 10% en el mismo período, con un incremento promedio de mortalidad de 2.2% por día. Sabbour, (2015) evaluó el efecto de la destruxina y la nano-destruxina para el control de *Tribolium castaneum* y *T. confusum* bajo condiciones *in vitro* y en almacén, encontrando que estos metabolitos disminuyen la oviposición de estos insectos por arriba del 50% transcurridos 120 días, además, el porcentaje de emergencia se redujo hasta un 19% en comparación con el testigo absoluto. Por otra parte, Wakil *et al.* (2015), evaluaron la eficacia de *M. anisopliae* solo y en combinación con tierra de diatomeas para controlar adultos de *Sitophilus oryzae*, en donde se utilizaron tres dosis diferentes $2,78 \times 10^6$, 10^7 y 10^8 conidias kg^{-1} y tierra de diatomeas a 100 ppm y 200 ppm. La mortalidad se determinó a los 7, 14 y 21 días después del tratamiento. Los resultados mostraron que la dosis más alta de *M. anisopliae* en combinación con tierra de diatomeas a 200 ppm presentó una mortalidad del 71% a los 21 días.

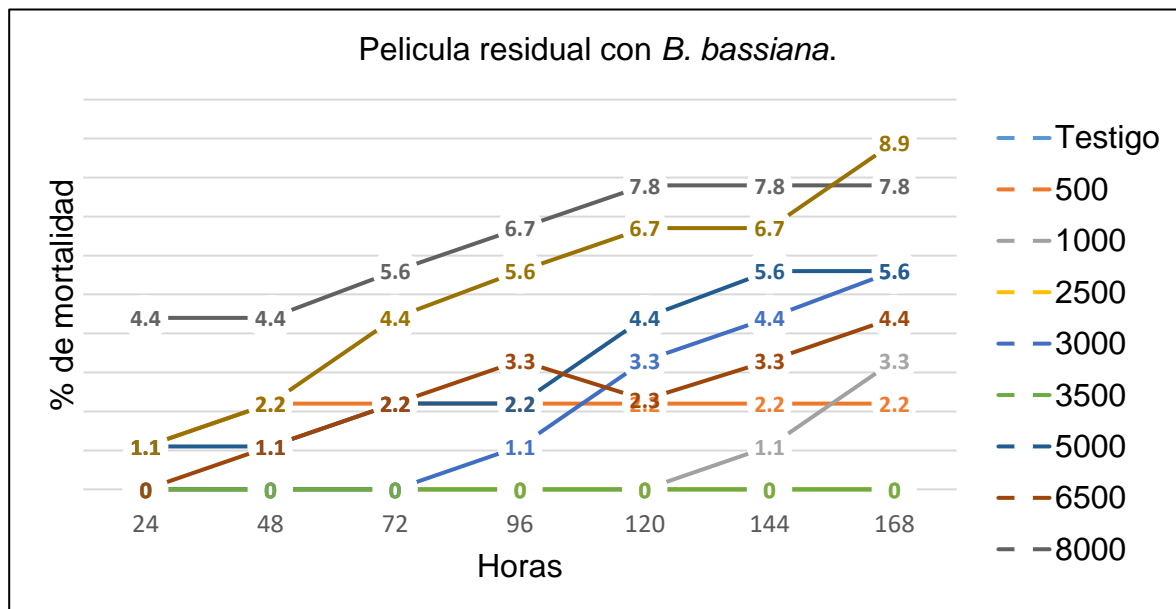
Grafica 1. Porcentaje de mortalidad de *R. dominica* en bioensayo de película residual con metabolitos de *M. anisopliae*.



En la gráfica 2. podemos observar el porcentaje de mortalidad de *R. dominica* con metabolitos de *B. bassiana* en bioensayo de película residual destacando la concentración de 10,000 ppm alcanzando un 8.9% de mortalidad, con un incremento del 2.2% en las últimas 24 horas, seguido de la concentración de 8000 ppm alcanzando un 7.8% de mortalidad. Según Rosas-García *et al.* (2020), realizaron bioensayos que demostraron diferencias significativas en la mortalidad causada por diversas cepas de *B. bassiana* en *Spodoptera exigua* y *Spodoptera frugiperda*. Los resultados mostraron que tres cepas causaron las tasas de mortalidad más altas, alcanzando un 44% exclusivamente en *S. frugiperda*. Además, encontraron que la inyección del extracto con bassianolida (1 mg/mL) causó un 26% de mortalidad en larvas de *S. exigua* después de 24 horas. Sheeba *et al.*, (2001) realizó bioensayos utilizando diferentes dosis de conidias de *B. bassiana* para determinar su efecto sobre la mortalidad de *Sitophilus oryzae*, en donde la dosis más alta fue de 7.6 conidia/ml de *B. bassiana* fue la más efectiva, alcanzando un porcentaje de mortalidad del 75.8% después de 25 días. Rice y Cogburn, (1999) evaluaron la bioactividad del aislado 22292A de *Beauveria bassiana* en tres tipos de sustratos alimentarios, medios para gorgojo rojo, arroz

integral de grano medio y arroz áspero de grano largo. La evaluación se realizó a una temperatura de 27°C y una humedad relativa del 60%. Los resultados mostraron que la mortalidad del gorgojo rojo y del barrenador menor de los granos fue de aproximadamente el 80% cuando estos insectos se criaron en un medio para gorgojo rojo que contenía 2.3×10^8 conidios por gramo. Además, se observó un aumento significativo en la mortalidad con respecto a los controles a los 7, 14 y 21 días después del tratamiento.

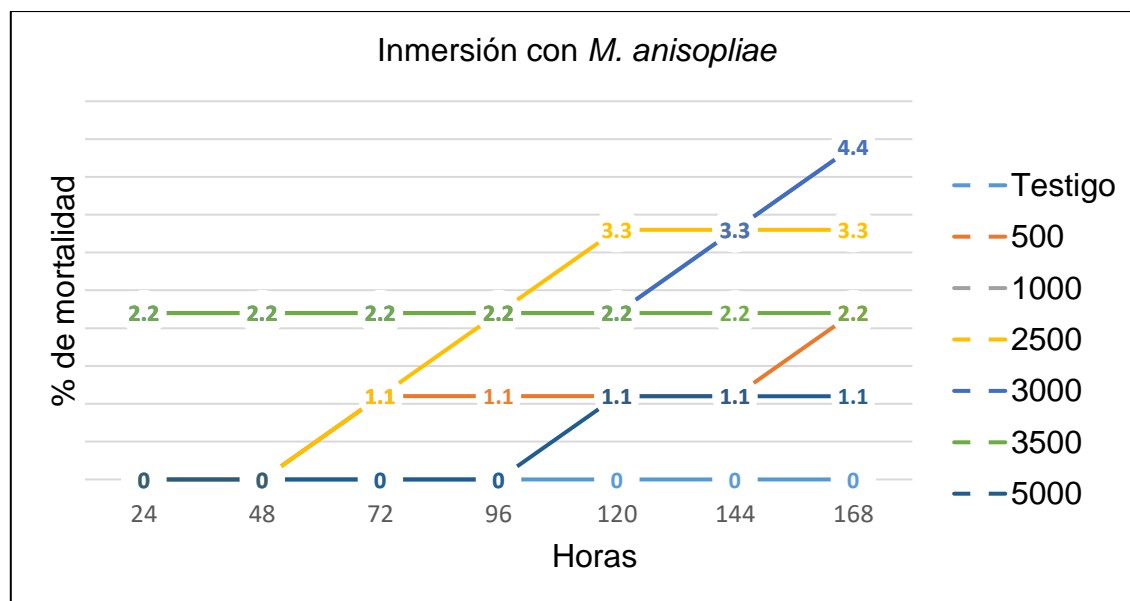
Grafica 2. Porcentaje de mortalidad de *R. dominica* en bioensayo de película residual con metabolitos de *B. bassiana*.



En la gráfica 3. Se presentan los porcentajes de mortalidad, utilizando metabolitos de *M. anisopliae* mediante bioensayo de inmersión, en donde podemos observar que la concentración de 1000 y 3000 ppm alcanzaron una mortalidad del 4.4%, seguida de la concentración 2500 ppm, con un porcentaje de mortalidad del 3.3%. De acuerdo con Kershaw *et al.* (1999) el metabolito conocido como Destruxina no siempre está presente en las cepas de *M. anisopliae*, sin embargo, este hongo es patógeno de *Manduca sexta*, *Schistocerca gregaria* y *Otiorhynchus sulcatus*, pudiendo en algunos casos matar a los insectos por micosis y en el caso de las

cepas que producen destruxinas el porcentaje de mortalidad es mayor a las cepas que no producen estos metabolitos. Ruelas-Ayala *et al.* (2013) evaluaron 10 aislados de *B. bassiana* y dos de *M. anisopliae* para el control de adultos de *Sitophilus zeamais* durante 6 días, utilizando una concentración de 1×10^9 conidia/ml, los resultados mostraron que los aislados B11-1 y B14-5 fueron más efectivos, registrando mortalidades del 93% y 90%, en cambio, los aislados de *M. anisopliae*, registraron mortalidades más bajas ya que la cepa M20 obtuvo una mortalidad del 76.6%, mientras que la cepa M21 causó una mortalidad de 53.3%.

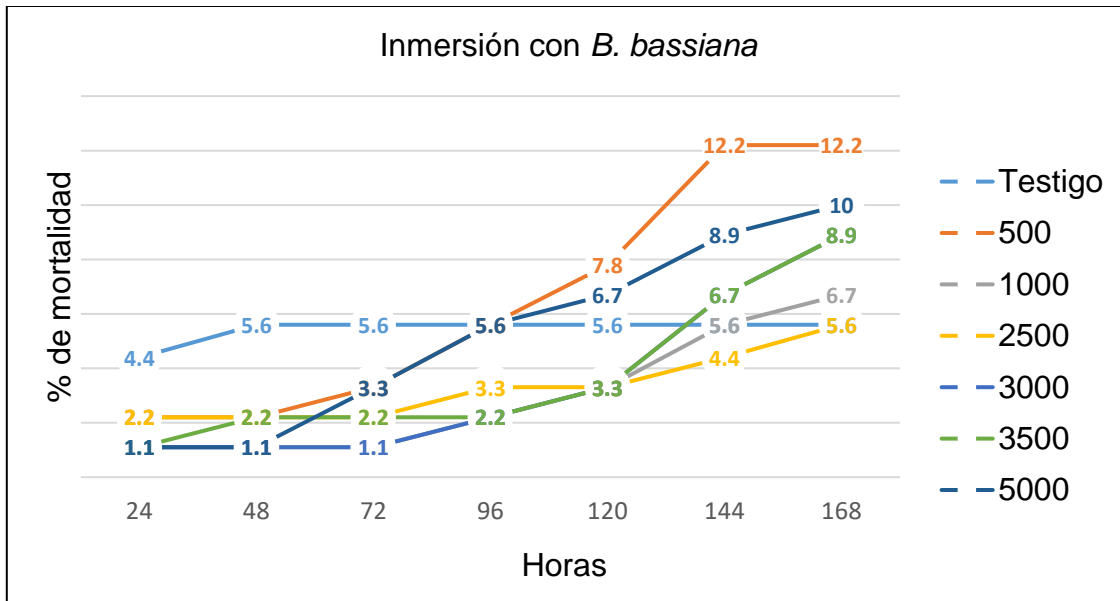
Grafica 3. Porcentaje de mortalidad de *R. dominica* en bioensayo de inmersión con metabolitos de *M. anisopliae*



En la gráfica 4, podemos observar la mortalidad reportada del bioensayo de inmersión con metabolitos de *B. bassiana*, destacando la concentración de 500 ppm, alcanzando el 12.2% de mortalidad, teniendo un incremento del 4.4%, de igual manera podemos destacar la concentración de 5000 ppm, que alcanzo un 10 % de mortalidad. Sin embargo, durante el conteo en los tratamientos de *B. bassiana* en ambos bioensayos se observaron daños visibles sobre la cutícula en insectos muertos y vivos a partir de los cinco días del establecimiento del experimento, según

González-Castillo *et al.* (2012) mencionan que los metabolitos afectan de varias maneras como la destrucción de tejidos, inhibición de la alimentación, desorientación y cambio en la coloración de los insectos, por otra parte, Borges *et al.* (2010) comentan que el metabolito bauvericina destruye células o tejidos y produce alteraciones en la muda y metamorfosis del insecto. Por otra parte, Arboleda *et al.* (2003) mencionan el efecto de bauvericina por inmersión sobre larvas de primer instar y adultos de *Hypothenemus hampei*, teniendo como resultado mayor mortalidad acumulada en adultos con la dosis más baja (25 ng/ml) teniendo un 29% de mortalidad en el día 15, la bauvericina demostró ser más efectiva en larvas alcanzando una mortalidad del 50% al día 8, esto se puede atribuir a que en adultos al grosor de la cutícula, la presencia de melanina en el insecto y la esclerotización que se presenta en coleópteros limitan su eficacia. Por otra parte, Musso *et al.* (2020), evaluaron la eficacia de 10 hongos entomopatógenos pertenecientes a las especies *B. bassiana*, *M. robertsii*, *M. anisopliae* sensu lato y *Cordyceps fumosorosea* para el control de *R. dominica* mediante suspensión de esporas, los tratamientos se aplicaron por aspersion y posteriormente se incubaron durante 15 días en condiciones de laboratorio. De acuerdo con los resultados los aislamientos de *B. bassiana* causaron mayor mortalidad, con valores entre 47% y 65%, en comparación con los otros aislamientos fúngicos que causaron una mortalidad máxima del 21%.

Grafica 4. Porcentaje de mortalidad de *R. dominica* en bioensayo de inmersión con metabolitos de *B. bassiana*.



En el cuadro 1 se muestran los resultados de la CL_{50} de los metabolitos de *M. anisopliae* y *B. bassiana* mediante el bioensayo de película residual, siendo el tratamiento de *B. bassiana* el que obtuvo la CL_{50} más baja con 4453317 ppm. Portilla *et al.* (2017) probaron cepas de *B. bassiana* en *Chrysoperla rufilabris*, la aplicación de la cepa fue mediante pulverización utilizando cuatro concentraciones, los resultados mostraron que las hembras de *Chrysoperla rufilabris* fueron las más afectadas obteniendo una CL_{50} de 2,11 esporas/mm² de *B. bassiana*. De igual manera, Portilla *et al.* (2022) evaluaron el efecto de una cepa comercial y una nativa de *B. bassiana*, en la fecundidad de *Nezara viridula*. Transcurridos 20 días, los resultados mostraron que las hembras adultas fueron más susceptibles a ambas cepas que los machos adultos y la CL_{50} para las hembras obtuvo un rango de 236 - 326 esporas/mm², mientras que para los machos fue de 11.134.963 - 5.206.971 esporas/mm² de acuerdo con el origen de la cepa.

Cuadro 1. CL₅₀ de *R. dominica* en bioensayos de película residual con metabolitos de *M. anisopliae* y *B. bassiana*.

Dosis	CL ₅₀ (ppm)	LFI	LFS	Ec. predicción	P-valor
<i>M. anisopliae</i>	997256498	-	-	Y= -2.807+0.311	<.0001
<i>B. bassiana.</i>	4453317	216767	5.74748E15	Y= -3.739+0.562	<0.1117

En el cuadro 2 se observan los resultados de la CL₅₀ de los metabolitos de *M. anisopliae* y *B. bassiana* mediante bioensayos de inmersión, siendo *M. anisopliae* el que obtuvo una CL₅₀ más baja de 6.7278E-12 ppm en comparación con *B. bassiana*. Estos resultados son similares a los reportados por Mosqueira *et al.* (2014), quienes evaluaron el efecto biocida en diferentes concentraciones de conidios de *M. anisopliae* y *B. bassiana* sobre larvas de *Aedes aegypti* en estadio III, en condiciones de laboratorio, los resultados mostraron que para *M. anisopliae* al sexto día obtuvieron una CL₅₀ de 3.9 X10⁴ conidios/mL y para *B. bassiana* se obtuvo a los cinco días una CL₅₀ de 3.6 X10⁶. Por otra parte, Amiri *et al.* (2010) evaluaron la CL₅₀ de las destruxinas A, B y E para el control de *P. xylostella* y *P. cochleariae* mediante ensayos de contacto y de inmersión durante cuatro días, los resultados mostraron que para *P. xylostella* las destruxinas A y E presentaron CL₅₀ en ensayos de contacto de 56 y 53 ppm, mientras que, en ensayos de inmersión, la destruxina A mostró mejor CL₅₀ con 30 ppm. Por otro lado, para *P. cochleariae*, la destruxina A en ensayos de contacto presentó una CL₅₀ de 87 ppm, mientras que, en ensayos de inmersión, la destruxina E mostró una CL₅₀ de 58 ppm. Mafla *et al.* (2004) evaluaron el efecto de tres aislamientos de *B. bassiana* (Bb4, Bb10, Bb cosmo) y dos de *M. anisopliae* (Mt1, Mt2) sobre larvas de *Ancognatha scarabaeoides*, de acuerdo con los resultados para el aislamiento Mt1 obtuvo una CL₅₀ de 2.0 x10⁷ esporas/ml, para Mt2 una CL₅₀ de 4.9 x10⁷ esporas/ml, Bb10 una CL₅₀ de 8.8 x10⁷ esporas/ml y finalmente, para *B. b cosmo* presentó una CL₅₀ de 6.1 x10⁷ esporas/ml, siendo variable la patogenicidad de las cepas de la misma especie ante las larvas.

Cuadro 2. CL₅₀ de *R. dominica* en bioensayos de inmersión con metabolitos de *M. anisopliae* y *B. bassiana*.

Dosis	CL ₅₀ (ppm)	LFI	LFS	Ec. predicción	P-valor
<i>M. anisopliae</i>	6.7278E-12	-	-	Y= -1.460+0.130	<0.5569
<i>B. bassiana</i> .	1.1696E-10	-	-	Y= -1.020+0.102	<0.5359

CONCLUSIONES

En este estudio podemos resaltar que el uso de metabolitos de *B. bassiana* puede ser una alternativa para el control de *R. dominica* ya que obtuvo el porcentaje de mortalidad más alto y la CL₅₀ más baja, sin embargo, es importante realizar investigaciones por periodos más prolongados.

BIBLIOGRAFÍA

- Abadía, B., y Bartosik, R. (2013). Manual de buenas prácticas en poscosecha de granos. Hacia el agregado de valor en origen de la producción primaria. 95-142.
- Amiri, B., Ibrahim, L., y Butt, T. M. (2010). Antifeedant properties of destruxins and their potential use with the entomogenous fungus *Metarhizium anisopliae* for improved control of crucifer pests. *Biocontrol Science and Technology*, 9(4), 487-498. DOI: <https://doi.org/10.1080/09583159929451>
- Apodaca, S. M.A., Nava, P. E. y Armenta, B. A.D. (2009). Contaminantes biológicos de los granos almacenados de importancia socioeconómica en Sinaloa. Tecnología de granos y semillas. Universidad Autónoma Indígena de México. Libro 1a. ed. pp. 55-84.
- Arboleda, J. W., Delgado, F., & Valencia, A. (2003). Efecto de la toxina beauvericina sobre *Hypothenemus hampei*. *Manejo Integrado de Plagas y Agroecología*, 68, 71 – 76
- Arévalos, A., Redondo, E., & Insfrán, A. (2021). Daños mecánicos asociados al procesamiento de granos y semillas: una revisión de la literatura. *Latin American Journal of Applied Engineering*, 4(1), 1-12. DOI: <https://doi.org/10.69681/lajae.v4i1.17>
- Ávila-Hernández, J. G., Aguilar-Zárte, P., Carrillo-Inungaray, M. L., Michel, M. R., Wong-Paz, J. E., Muñoz-Márquez, D. B., Rojas-Molina, R., Ascacio-Valdés, J.A. y Martínez-Ávila, G. C. G. (2022). The secondary metabolites from *Beauveria bassiana* PQ2 inhibit the growth and spore germination of *Gibberella moniliformis* LIA. *Brazilian Journal of Microbiology*, 53(1), 143-152. DOI: [10.1007/s42770-021-00668-z](https://doi.org/10.1007/s42770-021-00668-z)
- Boniecki, P., Koszela, K., Świerczyński, K., Skwarcz, J., Zaborowicz, M., y Przybył, J. (2020). Neural visual detection of grain weevil (*Sitophilus granarius* L.). *Agriculture*, 10(1), 25. DOI: <https://doi.org/10.3390/agriculture10010025>
- Borges, D., Díaz, A. O., San Juan, A. N., y Gómez, E. (2010). Metabolitos secundarios producidos por hongos entomopatógenos. *ICIDCA. Sobre los Derivados de la Caña de Azúcar*, 44(3), 49-55.

- Bugehetti, L.A., Barrientos, G.N., Dettler, M.A., Ansa, M.A., Martínez, E., Santadino, M.V. y Viergala, M.B.R. (2022). Caracterización del daño de *Sitophilus granarius* (Coleoptera, Curculionidae) en distintos cultivares de cebada (*Hordeum vulgare*). *Agronomía & Ambiente*, 42(2).
- Buonocore, E., Lo Monaco, D., Russo, A., Aberlenc, H. P., y Tropea Garzia, G. (2017). *Rhyzopertha dominica* (F., 1792) (Coleoptera: Bostrichidae): a stored grain pest on olive trees in Sicily. *EPPO Bulletin*, 47(2), 263-268. DOI: <https://doi.org/10.1111/epp.12383>
- Campbell, J.F., Athanassiou, C.G., Hagstrum, D.W. y Zhu, K.Y. (2022). *Tribolium castaneum*: A Model Insect for Fundamenta and Applied Research. *Annual review of entomology*, 67,347-365. DOI: [10.1146/annurev-ento-080921-075157](https://doi.org/10.1146/annurev-ento-080921-075157)
- Chicaré, N. (2018). Extractos vegetales para el control de *Tribolium castaneum* (Herbst.) y *Rhyzopertha dominica* (Fabr.), plagas de granos almacenados. Tesis de licenciatura. Universidad Nacional de la Plata. https://sedici.unlp.edu.ar/bitstream/handle/10915/69129/Documento_completo.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Dutta, M., y Schafer, K. S. (2003). International POPs Elimination Network. Lindane, Answers to common questions. https://ipen.org/sites/default/files/documents/lindane_answers-es.pdf
- Edde, P. A. (2012). A review of the biology and control of *Rhyzopertha dominica* (F.) the lesser grain borer. *Journal of Stored Products Research*, 48, 1-18. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jspr.2011.08.007>
- Espinel, C., Torres, L., Villamizar, L., Bustillo, A., Zuluaga, M. V., & Cotes, A. M. (2019). Hongos entomopatógenos en el control biológico de insectos plaga= Entomopathogenic fungi in insect pests biological control. *AgResearch*. Chapter.
- Fanori, A. L. R. y García-Mari, F. (1992). Influencia de la temperatura sobre los parametros biológicos de *Rhyzopertha dominica* (F.). *Boletín de sanidad vegetal. Plagas*, 18(2), 455-467.

- Felicetti, A. (2020). Evaluación de aceites esenciales sobre *Tribolium castaneum*, plaga de grano almacenado. <https://repositoriodigital.uns.edu.ar/bitstream/handle/123456789/5364/Felicetti,%20Adriana%20Trabajo%20de%20Intensificaci%C3%B3n.pdf?sequence=1>
- Ferrari, M. C., Abadía, M. B., Bartosik, R., Ferrari, H., y De La Torre, D. (2017). Sistema de procesamiento de encuestas: buenas prácticas en plantas de acopio de granos. In IX Congreso Argentino de AgrolInformática (CAI 2017)-JAIIO 46-CLEI 43. 252-263.
- Food and Agriculture Organization of the United Nations. (FAO). (2023). Consultado: 20/12/24. Disponible en: <https://www.fao.org/faostat/en/#compare>
- Food and Agriculture Organization. (FAO). (2001). Origen, evolución y difusión del maíz. El maíz en los trópicos: mejoramiento y producción. FAO.Roma. Consultado: 26/12/24. Disponible en <https://www.fao.org/4/x7650s/x7650s03.htm>.
- Fusé, C. B., Villaverde, M. L., Padín, S. B., De Giusto, M., y Juárez, M. P. (2013). Evaluación de la actividad insecticida de tierras de diatomeas de yacimientos argentinos. RIA. Revista de investigaciones agropecuarias, 39(2), 207-213.
- García, G. C., Bautista, M. N. y González, M. M. B. (2009). Principales plagas de granos almacenados. Tecnología de granos y semillas. Universidad Autónoma Indígena de México. Libro 1a. ed. Pp. 85-107.
- García, L. S.; Burt, A.J, Serratos, J.A., Díaz Pontones, D.M., Arnason, J.T. y Bergvinson, D. J. (2003). Defensas naturales en el grano de Maíz al ataque de *Sitophilus zeamais* (Motsch, Coleoptera: Curculionidae): Mecanismos y bases de la resistencia. Centro Internacional de Mejoramiento de Maíz y Trigo (CIMMYT).
- García-Estrada, C., Cat, E., y Santamarta, I. (2016). *Beauveria bassiana* as biocontrol agent: Formulation and commercialization for pest management. Agriculturally important microorganisms: commercialization and regulatory requirements in Asia, 81-96.

- García-Lara, S., Espinosa Carrillo, C. y Bergvindos, D.J. (2007). Manual de plagas en granos almacenados y tecnologías alternas para su manejo y control. México, D.F: CIMMYT.
- Gardner, J. C. M. (1933). Immature Stages of Indian Coleoptera (13)(Bostrychidae). Indian Forest Records (Entomology Series). Manager of Publications, Government of India, Delhi, 18 (9).
- González, M.S. (2006). Bromuro de metilo: un fumigante en retirada. Santiago, Chile: Imprenta Salesianos S.A. Colección Libros INIA - Instituto de Investigaciones Agropecuarias. Pp 20.
- González-Castillo, M., Aguilar, C. N., y Rodríguez-Herrera, R. (2012). Control de insectos-plaga en la agricultura utilizando hongos entomopatógenos: retos y perspectivas. Revista científica de la Universidad Autónoma de Coahuila, 4(8), 42-55.
- Hamill, R. L., Higgens, C. E., Boaz, H. E., y Gorman, M. (1969). The structure of beauvericin, a new depsipeptide antibiotic toxic to *Artemia salina*. Tetrahedron Letters, 10(49), 4255-4258. DOI: [https://doi.org/10.1016/S0040-4039\(01\)88668-8](https://doi.org/10.1016/S0040-4039(01)88668-8)
- Hernández, P.R.H y Sissinno, L.L.A. (2007). Persistencia de malation y deltametrin en productos almacenados. Fitosanidad, 11(4), 41-46.
- Hernández, V., y Berlanga, A. (1999). Uso de *Beauveria bassiana* como insecticida microbial. Ficha técnica CB-03. Centro Nacional de Referencia de Control Biológico. SAGAR Y CONASA. Tecoman, Col. 4p. Consultado 15/01/25. Disponible en: https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/172882/Ficha_CB_03_Beauveria_bassiana.pdf
- Hernández-Domínguez, C., Zamora-Bernardino, C., Vázquez-Cruz, F., Reyes-López, D., Domínguez-Perales, L. A., y García, F. E. (2024). Mortalidad de *Galleria mellonella* L. por *Beauveria bassiana* (bálsamo) Vuill (Ascomycota: Hypocreales). Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas, 15(4). DOI: [10.29312/remexca.v15i4.3146](https://doi.org/10.29312/remexca.v15i4.3146)
- Hernández-Rosas, F., García-Pacheco, L. A., Figueroa-Rodríguez, K. A., Figueroa-Sandoval, B., Salinas Ruiz, J., Sangerman-Jarquín, D. M., y Díaz-Sánchez, E. L. (2019). Análisis de las investigaciones sobre *Metarhizium anisopliae* en los últimos

40 años. Revista mexicana de ciencias agrícolas, 10(SPE22), 155-166.
DOI: <https://doi.org/10.29312/remexca.v0i22.1866>

Iturralde-García, R.D., Borboa-Flores, J., Sánchez-Mariñez, R.I., Cortez-Rocha, M.O., Cinco-Moroyoqui, F.J. y Wong-Corral, F.J. (2022). Activity of three essential oils on the mortality of *Rhyzopertha dominica* (F.) in stored whea. Biotecnia, 24(1), 79-86.
DOI: <https://doi.org/10.18633/biotecnia.v24i1.1552>

Jiménez-Martínez, E. (2009). Manejo integrado de plagas. Universidad Nacional Agraria. Libro de texto. 1a ed. -- Managua: UNA. 120 p. ISBN: 978-99924-1-004-2.

Johnson, D. W. y Townsend, L.H. (1981). Controlling Insects in Stored Grain. Department of Entomology. College of Agriculture, Food and Environment. ENTFACT- 145.

Kato Yamakake, T.A., Mapes Sanchez, C., Mera Ovando, L.M., Serratos Hernández, J.A. y Bye Boettler, R.A. (2009). Origen y diversificación del maíz: una revisión analítica. Universidad Nacional Autónoma de México, Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. 116 pp.

Kershaw, M. J., Moorhouse, E. R., Bateman, R., Reynolds, S. E., & Charnley, A. K. (1999). The role of destruxins in the pathogenicity of *Metarhizium anisopliae* for three species of insect. Journal of invertebrate pathology, 74(3), 213-223. DOI: <https://doi.org/10.1006/jipa.1999.4884>

Mafla, A. M. L., Villamil, L. A. P., y Ibarra, T. B. (2004). Evaluación de la actividad biocontroladora de *Beauveria bassiana* y *Metarhizium anisopliae* sobre larvas de *Ancognatha scarabaeiodes* (Coleoptera: Scarabaeidae). Ciencia y Tecnología Agropecuaria, 5(1), 43-48.

Mason, L.J. (2018). Lesser Grain Borer: *Rhyzopertha Dominica* (Fab.). Purdue University, Cooperative Extension Service. <https://extension.entm.purdue.edu/publications/E-238/E-238.pdf>

Mendoza Elos, M., Rodríguez Perez, G., Guevara Acevedo, L. P., Andrio Enríquez, E., Rangel Lucio, J. A., Rivera Reyes, J. G., y Cervantes Ortiz, F. (2016). Bioinsecticidas para el control de plagas de almacén y su relación con la calidad fisiológica de la semilla. Revista mexicana de ciencias agrícolas, 7(7), 1599-1611.

Meza, G. J.L., Camacho, B J.R. Y Cortes, M. E. (2009), Manejo Integrado de Plagas en Granos Almacenados. Tecnología de granos y semillas. Universidad Autónoma Indígena de México. Libro 1a. ed. pp 109-128.

Moghadamnia, A. A. (2012). An update on toxicology of aluminum phosphide. DARU journal of Pharmaceutical Sciences, 20, 1-8. DOI: <https://doi.org/10.1186/2008-2231-20-25>

Mokhtar, M.M., Du, Z. y Cheng, F. (2021). Insecticidal efficacy and chemical composition of *Balanites aegyptiaca* (L.) delile seed oils against *Tribolium castaneum* Herbst (Coleoptera: Tenebrionidae). Revista chilena de investigación agrícola, 81(1), 102-108. DOI: <http://dx.doi.org/10.4067/S0718-58392021000100102>

Mosqueira, J. G. A., Rodríguez, J. E. R., Cueva, V. D. P. S., y Silva, L. C. (2014). Efecto biocida de diferentes concentraciones de *Metarhizium anisopliae* CCB-LE302 y *Beauveria bassiana* CCB-LE265 sobre larvas III de *Aedes aegypti*. UCV-Scientia, 6(1), 33-41.

Musso, A. (2023). Alternativas agroecológicas mediante el uso de hongos entomopatógenos para el control de insectos plaga en granos almacenados. Tesis Doctoral. Universidad Nacional de la Plata. https://sedici.unlp.edu.ar/bitstream/handle/10915/164515/Documento_completo.pdf-f-PDFA.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Musso, A., Marcondes, A. J. E., Padín, S. B., Ordoqui, E., y Lopez, L. C. C. (2020). Efficacy of entomopathogenic fungi against *Rhyzopertha dominica* (Fabricius) (Coleoptera: Bostrichidae) under laboratory conditions. Universidad Nacional de Cuyo; Revista de la Facultad de Ciencias Agrarias de la Universidad Nacional de Cuyo, 52, (1-8).

Nava, P.E. y García, G.C. (2009). Inocuidad alimentaria y sistema de producción más limpia en granos almacenados. Tecnología de granos y semillas. Universidad Autónoma Indígena de México. Libro 1a. ed. PP.1-27

Nicholls, C. I. (2008). Control biológico de insectos: un enfoque agroecológico. Colombia: Editorial Universidad de Antioquia. pp 159-180.

- Pacheco, H.M.L., Reséndiz, M.J.F. y 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), 4-32. DOI: <https://doi.org/10.29298/rmcf.v10i56.496>
- Pacheco, R. A., Sánchez, E. S., Sánchez, G. G., y Suárez, Y. M. (2008). Ciclo biológico de *Rhyzopertha dominica* (F.) en semillas de arroz sometidas a cuatro temperaturas. *Fitosanidad*, 12(4), 221-225.
- Parola-Contreras, I., Valencia-Hernández, J.A., Solano-Álvarez, N. Y Guevara-Gonzales, R.G. (2019). Efecto del Extracto Etanolito de Diferentes Órganos de la Planta del Chilcuague (*Heliopsis longipes*) en Gorgojo (*Sitophilus granarius*). *Perspectivas de la ciencia y la Tecnología*, 2(3),100-108.
- Patiño-Bayona, W.R., Nagles, G. L. J., Bustos, C.J.J., Delgado, A.W.A., Herrera, D.E., Cuca, S. L.E. Prieto-Rodriguez, J.A. y Patiño-Ladino, O.J. (2021). Effects of essential oils from 24 plant species on *Sitophilus zeamais* Motsch (Coleoptera, Curculionidae). *Insects*, 12(6), 523. DOI: <https://doi.org/10.3390/insects12060532>
- Pavone, D. (2021). *Metarhizium* spp: Hongo endófito y patógeno de insectos plaga. *Tecnovita es Biotecnología e Innovación para el Desarrollo Sostenible*.
- Pizarro, D., Silva, A. G., Tapia, V.M., Rodríguez, R. J. C., Urbina, P. A., Figueroa, C.I., Lgunes, T.A., Santillán-Ortega, C., Robles-Bermúdez, A. y Aguilar-Medel, S. (2014). ACEITE ESENCIAL DE FOLLAJE DE *Peumus boldus* Molina COLECTADO EN OTOÑO PARA EL CONTROL DE GORGOJO DEL MAÍZ *Sitophilus zeamais* Motschulsky. *Chilean Journal of Agricultural & Animal Sciences*, 30(3), 171-180. DOI: <https://doi.org/10.20479/bursauludagziraat.1523649>
- Ponce, G., Cantú, P. C., Flores, A., Badii, M., Zapata, R., López, B., y Fernández, I. (2006). Modo de acción de los insecticidas. *Revista salud pública y nutrición*, 7(4).
- Portilla, M., Reddy, G. V., y Tertuliano, M. (2022). Effect of two strains of *Beauveria bassiana* on the fecundity of *Nezara viridula* L. (Heteroptera: Pentatomidae). *Microbiology Research*, 13(3), 514-522. DOI: <https://doi.org/10.3390/microbiolres13030035>

- Portilla, M., Snodgrass, G., y Luttrell, R. (2017). Lethal and sub-lethal effects of *Beauveria bassiana* (Cordycipitaceae) strain NI8 on *Chrysoperla rufilabris* (Neuroptera: Chrysopidae). *Florida Entomologist*, 100(3), 627-633. DOI: <https://doi.org/10.1653/024.100.0321>
- Potter, C. (1935). The biology and distribution of *Rhizopertha dominica* (Fab.). *Transactions of the Royal Entomological Society of London*. 83, 449-482.
- Rice, W. C., y Cogburn, R. R. (1999). Activity of the entomopathogenic fungus *Beauveria bassiana* (Deuteromycota: Hyphomycetes) against three coleopteran pests of stored grain. *Journal of economic entomology*, 92(3), 691-694. DOI: <https://doi.org/10.1093/jee/92.3.691>
- Rosas-García, N. M., Mireles-Martínez, M., y Villegas-Mendoza, J. M. (2020). Detección de bassianolida y beauvericina en cepas de *Beauveria bassiana* y su participación en la actividad patogénica hacia *Spodoptera* sp. *Biotecnia*, 22(3), 93-99. DOI: <https://doi.org/10.18633/biotecnia.v22i3.1060>
- Ruelas-Ayala, R. D., García-Gutiérrez, C., y Archuleta-Torres, A. (2013). Selection of *Beauveria bassiana* and *Metarhizium anisopliae* isolates tolerant to high temperatures for the control of *Sitophilus zeamais* (Coleoptera: Curculionidae). *Southwestern Entomologist*, 38(2), 313-324. DOI : <https://doi.org/10.3958/059.038.0214>
- Ruiz, S.E., Rosado, C.A.T., Chan, C.W., Alejo, J. C., y Munguía, R.R. (2009). Patogenicidad de *Beauveria bassiana* (Bals.) Vuillemin sobre estados inmaduros de mosquita blanca (*Bemisia tabaci* Genn.). *Fitosanidad*, 13(2), 89-94.
- Sabbour, M. M. A. (2015). Efficacy of nano-extracted Destruxin from *Metarhizium anisopliae* against red flour beetle, *Tribolium castaneum*, and confused flour beetle, *Tribolium confusum* (Coleoptera: Tenebrionidae), under laboratory and store conditions. 361-367.
- Salman, W. L., y Hamad, S. A. (2024). A study of the effect oil extract of *Moringa oleifera* leaves on the life of *Rhizopertha dominica*. *International Journal of Pharmaceutical Research* (09752366), 16(1). DOI: 10.31838/ijpr/2024.16.01.006

Schrank, A. y Vainstein, M.H. (2010). *Metarhizium anisopliae* enzymes and toxins. *Toxicon*, 56(7), 1267-1274. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.toxicon.2010.03.008>

Sebayang, A., Rohimatun., Salim., Rubina, R., Sipi. S., Manwan, S.W., Fattah, A., Arrahman, A., Yasin, M. y Saenong, M.S. (2023). *Sitophilus zeamais* (Motschulsky): the primary obstacles in the maize quality and quantity. In *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*. 1230(1). p. 012089. DOI: 10.1088/1755-1315/1230/1/012089

Secretaria de Agricultura y Desarrollo Rural. (SADER). (2023). Maíz, cultivo de México. Consultado 19/11/24. Disponible en: <https://www.gob.mx/agricultura/articulos/maiz-cultivo-de-mexico#:~:text=Se%20cultiva%20en%20los%2032,de%20hect%C3%A1reas%20para%20su%20cultivo>

Secretaria de Agricultura y Desarrollo Rural. (SADER). (2024). Guía de Buenas Prácticas en Centros de Almacenamiento de Granos. Consultado 10/12/24. Disponible en: https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/924076/BUENAS_PRACTICAS_ALMACENAMIENTO_DE_GRANOS_17062024_DEFINITIVO_compressed.pdf

Secretaría de Medio Ambiente Y Recursos naturales. (SEMARNAT). (2014). Buenas Prácticas en el uso de Sustancias Alternativas a los Hidroclorofluorocarbonos. México DF. Consultado: 16/01/25. Disponible en http://apps2.semarnat.gob.mx:8080/sissao/archivos/Manual%20Buenas%20Practicas%20alternativas%20a%20los%20HCFC_%20SEMARNAT%20VF_20-11-2014.pdf

Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera. (SIAP). (2023). Avances de Siembras y Cosecha. Consultado el 25/11/24. Disponible en: https://nube.siap.gob.mx/avance_agricola/

Sheeba, G., Seshadri, S., Raja, N., Janarthanan, S., y Ignacimuthu, S. (2001). Efficacy of *Beauveria bassiana* for control of the rice weevil *Sitophilus oryzae* (L.)(Coleoptera: Curculionidae). *Applied Entomology and Zoology*, 36(1), 117-120. DOI: <https://doi.org/10.1303/aez.2001.117>

- Swoboda, M. (2022). *Metarhizium brunneum* y *anisopliae*. Manejo integrado de plagas del estado de Nueva York. Callage of Agriculture Life Sciences. <https://cals.cornell.edu/new-york-state-integrated-pest-management/outreach-education/fact-sheets/metarhizium-spp-biocontrol-agent-factsheet>
- Torres- Avendaños, J.I., Castillo-Ureta, H., Zazueta-Moreno, J.M y Torres-Montoya, E.H. (2022). Insector asociados a productos alimenticios almacenados en el área urbana de Culiacan, Sinaloa, México. Revista Ciencia UAT, 16(2).
- Viñuela, E., Adan, A. Del Estal, P., Marco, V. y Budia, F. (1993). Plagas de los productos almacenados. Unidad de Protección de Cultivos. Pags. 32. https://www.mapa.gob.es/ministerio/pags/biblioteca/hojas/hd_1993_01.pdf
- Wakil, W., Ghazanfar, M. U., Yasin, M., JUNG KWON, Y. O. N. G. (2015). Efficacy of *Metarhizium anisopliae* combined with diatomaceous earth against *Sitophilus oryzae* (Coleoptera: Curculionidae) under laboratory conditions. Revista Colombiana de Entomología, 41(1), 81-86.
- Wang, H., Peng, H., Li, W., Cheng, P., y Gong, M. (2021). The toxins of *Beauveria bassiana* and the strategies to improve their virulence to insects. Frontiers in microbiology, 12 (705343). DOI: <https://doi.org/10.3389/fmicb.2021.705343>
- Yaraşır, O. N., Bütüner, A. K., y Susurluk, H. (2024). Recent Advances on the Potential Control of *Rhyzopertha dominica* Fab.(Coleoptera: Bostrichidae). Bursa Uludağ Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi, 38(2), 449-456. DOI: <https://doi.org/10.20479/bursauludagziraat.1523649>
- Zettler, L. J., y Cuperus, G. W. (1990). Pesticide resistance in *Tribolium castaneum* (Coleoptera: Tenebrionidae) and *Rhyzopertha dominica* (Coleoptera: Bostrichidae) in wheat. Journal of Economic Entomology, 83(5), 1677-1681. DOI: <https://doi.org/10.1093/jee/83.5.1677>