

**TECNOLÓGICO NACIONAL DE MÉXICO**



**TECNOLÓGICO NACIONAL DE MÉXICO**

**INSTITUTO TECNOLÓGICO SUPERIOR DE SALVATIERRA**



**“USO DE HONGOS ENTOMOPATÓGENOS EN EL CONTROL  
BIOLÓGICO DEL PICUDO DEL CHILE (*Anthonomus eugenii* Cano)”**

**TITULACIÓN INTEGRAL**

**(TESIS)**

**ELABORADO POR:**

**YOSELIN HARELI LULE LÓPEZ**

**PARA OBTENER EL TÍTULO DE:**

**INGENIERO EN INNOVACIÓN AGRÍCOLA SUSTENTABLE**

**DIRECTORA DE TESIS:**

**DRA. MARCIA MARIBEL MARTÍNEZ SCOTT**

**SALVATIERRA, GTO.**

**JULIO DE 2024.**

## FORMATO DE LIBERACIÓN DEL PROYECTO DE TITULACIÓN INTEGRAL

Salvatierra, Guanajuato. 3 de julio de 2024.

**C. Lizbeth Estefanía Escobar Paniagua**

**Jefe de la División de Estudios Profesionales**

**Presente. -**

Por este medio le informo que ha sido liberado el siguiente proyecto para la titulación integral

**Nombre del estudiante:** Yoselin Hareli Lule López

**Carrera:** Ingeniería en Innovación Agrícola Sustentable

**No. de Control:** AG18110173

**Nombre del Proyecto:** "Uso de hongos entomopatógenos en el control biológico del picudo del chile (*Anthonomus eugenii* Cano)"

**Producto:** Tesis

Agradezco de antemano su valioso apoyo en esta importante actividad para la formación profesional de nuestros egresados.

**A T E N T A M E N T E**

**ME. Walter Manuel Zúñiga Maldonado**

**Encargado de la Coordinación de Ingeniería en Innovación Agrícola Sustentable**

**Director de Tesis**

**Revisor 1**

**Revisor 2**

**Dra. Marcia Maribel Martínez Scott**  
**Nombre y Firma**

**ME. Walter Manuel Zúñiga**  
**Maldonado**  
**Nombre y Firma**

**Ing. Ramón Medina Plaza**  
**Nombre y Firma**



Manuel Gómez Morín No. 300 Comunidad de Janicho, Salvatierra, Guanajuato, C.P. 38933  
Tels. 466 688 06 31 y 466 663 98 00 Ext. 128, e-mail: wazuniga@itess.edu.mx. tecnm.mx |  
www.itess.edu.mx





**TECNOLÓGICO NACIONAL DE MÉXICO  
INSTITUTO TECNOLÓGICO SUPERIOR DE SALVATIERRA  
COORDINACIÓN DE INNOVACIÓN EN AGRÍCOLA SUSTENTABLE**

TESIS  
Presentada por:

***Yoselin Hareli Lule López***

Que se somete a consideración del H. Jurado Examinador como requisito parcial  
para obtener el título de

**INGENIERO EN INNOVACIÓN AGRÍCOLA SUSTENTABLE**

Aprobado por

---

**DRA. MARCIA MARIBEL MARTÍNEZ SCOTT**  
Directora de Tesis

---

**M.E. WALTER MANUEL ZÚÑIGA  
MALDONADO**

**Revisor**

---

**ING. RAMÓN MEDINA PLAZA**

**Revisor**

---

**ME. WALTER MANUEL ZÚÑIGA MALDONADO  
ENCARGADO DE LA COORDINACIÓN DE  
INNOVACIÓN AGRÍCOLA SUSTENTABLE**

## **AGRADECIMIENTOS**

A mis padres María de Lourdes López Hernández y Efraín Lule Serrato, por siempre confiar en mí y brindarme su confianza y amor incondicional en todo momento.

A mis hermanos que siempre me apoyaron durante toda la trayectoria de la carrera.

A mis maestros por todo lo que me enseñaron durante este camino, pero en especial a mi asesora la Dra. Marcia Maribel Martínez Scott, por apoyarme y guiarme durante este presente trabajo.

A mis mejores amigos de la carrera, ya que siempre juntos nos brindamos apoyo para poder lograr una meta más y siempre por compartir infinidad de experiencias y momentos durante toda la carrera.

## **DEDICATORIAS**

Dedico mi tesis a mis padres y hermanos, siempre fueron los que me impulsaron a seguir adelante, gracias por siempre confiar en mí ya que sin ellos no hubiera sido posible este logro tan grande en mi vida.

# ÍNDICE

CAPÍTULO I. GENERALIDADES DEL PROYECTO	1
1.1 Introducción	1
1.2 Planteamiento del problema	3
1.3 Justificación	3
1.4 Objetivos	3
1.4.1 Objetivo general	3
1.4.2 Objetivos específicos	4
1.5 Hipótesis	4
CAPÍTULO II. MARCO TEÓRICO	5
2.1 Antecedentes de control biológico	5
2.2 Generalidades del cultivo	5
2.2.1 Origen del chile	5
2.2.2 Taxonomía del chile	6
2.3 Morfología del chile	6
2.3.1 Hojas	6
2.3.2 Fruto	7
2.3.3 Semilla	7
2.3.4 Flores	7
2.3.5 Tallo	7
	v

2.4 Requerimientos edafoclimáticos _____	7
2.4.1 Suelo _____	7
2.4.2 PH del suelo _____	7
2.4.3 Temperatura _____	8
2.5 Manejo agronómico _____	8
2.5.1 Preparación del terreno _____	8
2.5.2 Época de siembra _____	8
2.5.3 Labores del cultivo _____	8
2.5.4 Siembra _____	8
2.5.5 Manejo del riego _____	9
2.5.6 Fertilización _____	9
2.6 Principales plagas en el cultivo de chile serrano _____	9
2.6.1 Picudo del chile ( <i>Anthonomus eugenii cano</i> ) _____	9
2.6.2 Mosquita blanca ( <i>Bemisia tabasi</i> ) _____	10
2.6.3 Gusano soldado ( <i>Spodoptera exigua</i> ) _____	10
2.6.4 Pulgón ( <i>Myzus persicae</i> ) _____	10
2.7 Principales enfermedades en el cultivo del chile serrano _____	11
2.7.1 Mancha gris por ( <i>Stemphylium solani</i> ) _____	11
2.7.2 Tizón por ( <i>Alternaria</i> spp) _____	11
2.7.3 Marchitez por Phytophthora ( <i>Phytophthora capsici</i> Leonian) _____	12

2.7.4 Cenicilla polvorienta por ( <i>Leveillula taurica</i> , <i>Oidium</i> spp)	12
2.3 Uso de los hongos en el control de plagas agrícolas	13
2.9 Principales especies de hongos entomopatógenos usados en la agricultura	15
2.9.1 <i>Beauveria bassiana</i>	15
2.9.2 <i>Metarhizium anisopliae</i>	15
2.9.3 <i>Paecilomyces fumosoroseus</i>	16
2.10 Mecanismos de acción de los hongos entomopatógenos en insectos plaga	16
2.10.1 La adhesión	17
2.10.2 La germinación	17
2.10.3 Penetración	17
2.10.4 Proceso de multiplicación del hongo	18
2.10.5 Producción de toxinas	18
2.10.6 Muerte del insecto	18
CAPÍTULO III. METODOLOGÍA	20
3.1 Descripción del área de estudio	20
3.2 Etapa de campo	21
3.2.1 Desinfección de estructura y suelo	21
3.2.2 Establecimiento del cultivo	21
3.2.3 Establecimiento del sistema de riego	21
3.2.4 Diseño experimental	21

3.2.5 Aplicaciones de hongos entomopatógenos _____	22
3.3 Variables a evaluar _____	22
3.4 Análisis de datos colectados _____	24
3.5 Etapa de laboratorio _____	24
3.5.1 Material biológico empleado en este experimento _____	24
3.5.2 Aislados nativos _____	24
3.5.3 Identificación de los aislados _____	25
3.5.4 Reactivación de la virulencia de aislados _____	26
3.5.5 Reproducción del inóculo _____	26
3.6 Conteo de inóculo en cámara Neubauer o hemocitómetro _____	27
3.7 Bioensayos para determinar virulencia y patogenicidad de los aislados sobre otras plagas encontradas _____	28
CAPITULO IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN _____	29
4.1 Altura de planta _____	29
4.2 Número de flores _____	31
4.3 Diámetro polar _____	33
4.4 Diámetro ecuatorial _____	34
4.5 Peso total _____	36
4.6 Número de frutos totales _____	37
4.7 Chiles picados _____	38

4.8 Número de picudos por tratamiento _____	40
4.9 Momias de picudo _____	42
4.10 Mosquita blanca _____	44
4.11 Momias de mosquita blanca. _____	46
4.12 Pulgón _____	48
4.13 Momias de Pulgón _____	50
4.15 Persistencia de los entomopatógenos _____	52
4.16 Discusión _____	53
CAPITULO V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES _____	55
5.1 Conclusiones _____	55
5.2 Recomendaciones _____	55
CAPÍTULO VI. BIBLIOGRAFÍA CITADA _____	56
ANEXOS _____	63
Anexo 1. Análisis estadísticos. _____	63

## ÍNDICE DE GRÁFICOS

Gráfico 1. Promedios registrados durante seis semanas de la variable altura. ____	29
Gráfico 2. Medias de altura de final de las plantas. _____	30
Gráfico 3. Promedio del número de flores registrados durante seis semanas. ____	31
Gráfico 4. Medias de tratamiento del número de flores. _____	32
Gráfico 5. Promedios del diámetro polar registrado durante seis semanas. _____	33
Gráfico 6. Medias de tratamiento del diámetro polar del fruto. _____	34
Gráfico 7. Promedios de diámetro ecuatorial registrado durante seis semanas. ____	35
Gráfico 8. Medias de tratamiento del diámetro ecuatorial del fruto. _____	36
Gráfico 9. Medias de tratamiento del peso del fruto. _____	37
Gráfico 10. Número de frutos totales. _____	38
Gráfico 11. Número de chiles picados promedio durante seis semanas. _____	39
Gráfico 12. Medias de tratamiento de las variables, chiles picados. _____	39
Gráfico 13. Número de picudos promedio durante seis semanas. _____	40
Gráfico 14. Medias de tratamiento de presencia de picudos. _____	41
Gráfico 15. Número de picudo promedio durante seis semanas. _____	42
Gráfico 16. Medias de tratamiento de presencia de momias de picudo. _____	43
Gráfico 17. Individuos de mosquita blanca durante seis semanas. _____	44
Gráfico 18. Medias de tratamiento de presencia de mosquita blanca. _____	45
Gráfico 19. Número de momias de mosquita blanca promedio durante seis semanas. _____	46
Gráfico 20. Medias de tratamiento de presencia de momias de mosquita blanca. _	47
Gráfico 21. Número de pulgón promedio durante seis semanas. _____	48
Gráfico 22. Medias de tratamiento de presencia de pulgón. _____	49

Gráfico 23. Número de momias de pulgón promedio durante seis semanas. _____	50
Gráfico 24. Medias de tratamiento de presencia de momias de pulgón. _____	51
Gráfico 25. Persistencia de hongos en invernadero obtenida a 25 días. _____	52

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Ubicación del área de estudio (Google maps, 2024). _____	20
Figura 2. Distribución de los tratamientos en el invernadero. _____	22
Figura 3. preparación de medio de cultivo (Imagen propia). _____	25
Figura 4. Identificación de aislados (Imagen propia). _____	25
Figura 5. Reproducción de <i>Beauveria bassiana</i> , a) anverso y b) Revés (Imagen propia). _____	26
Figura 6. Reproducción de <i>Metarhizium anisopliae</i> , a) anverso y b) Revés (Imagen propia). _____	26
Figura 7. Reproducción de <i>Paecilomyces fumosoroseus</i> , a) anverso y b) Revés (Imagen propia). _____	27
Figura 8. Conteo de inóculo en cámara Neubauer o hemocitómetro (Imagen propia). _____	28
Figura 9. Siembra directa. _____	91
Figura 10. Preparación del medio de cultivo. _____	91
Figura 11. Siembra de hongos entomopatógenos. _____	92
Figura 12. Tutorio del cultivo. _____	92
Figura 13. Aplicaciones de hongos entomopatógenos al cultivo. _____	93
Figura 14. Chiles dañados, presencia de larvas y adultos de picudo. _____	94
Figura 15. Cosecha. _____	94

## RESUMEN

En la agricultura protegida, el control de plagas se realiza con aplicaciones de productos químicos ocasionando resistencia en las mismas. El control biológico de plagas es una alternativa sostenible, respetuosa con el medio ambiente y segura, que nunca perderá su efectividad. Este funciona con la acción directa de parasitoides, depredadores y hongos o bacterias entomopatógenos para mantener la densidad de una plaga por debajo de los umbrales económicos. El chile es una de las hortalizas de mayor consumo en el país, sin embargo, su principal problema es el picudo del chile (*Anthonomus eugenii*) plaga que ocasiona pérdidas que pueden ir de un 30-70% durante el ciclo del cultivo. Además, como es un insecto que oviposita sus larvas dentro de los frutos, el control se vuelve complicado, ya que solo productos sistémicos pueden controlarlo, pero eso se traduce a un incremento en los costos de producción. También, esos productos pueden dejar residualidad en los frutos, ocasionando problemas en la salud de humanos. Los hongos entomopatógenos producen enfermedades y causan la muerte de insectos y otros artrópodos. Esta investigación se estableció con el objetivo de evaluar la acción de tres géneros de hongos entomopatógenos (*Beauveria bassiana*, *Paecilomyces fumosoroseus* y *Metarhizium anisopliae*) para el control del picudo del chile (*Anthonomus eugenii*) bajo condiciones de invernadero. Se estableció un diseño completamente al azar, con cuatro tratamientos y el mismo número de repeticiones. De acuerdo a los resultados obtenidos los tratamientos T1 y T2 correspondientes a *Beauveria bassiana* y *Metarhizium anisopliae* fueron quienes sobresalieron en los resultados, no obstante, *Paecilomyces fumosoroseus* mostró baja persistencia y efecto sobre los picudos. Aunque no se lograron obtener densidades de población como se esperaba, en esta investigación se pudo observar, que los picudos requieren de un tiempo de 10-12 días para poder ser colonizados, y eso con *Beauveria bassiana* ya que con los otros entomopatógenos no se pudo lograr una colonización como se esperaba. También, se observó que otras plagas fueron susceptibles a los hongos como mosquita blanca (*Beauveria* y *Paecilomyces*) y pulgón (presentando melanización), aunque esta última en menor escala. Pero los gusanos del fruto si mostraron colonización por *Metarhizium anisopliae*.

## ABSTRAC

In protected agriculture, pest control is carried out with applications of chemical products, causing resistance in them. Biological pest control is a sustainable, environmentally friendly and safe alternative that will never lose its effectiveness. This works with the direct action of parasitoids, predators and entomopathogenic fungi or bacteria to keep the density of a pest below economic thresholds. Chili is one of the most consumed vegetables in the country, however, its main problem is the chili weevil (*Anthonomus eugenii*), a pest that causes losses that can range from 30-70% during the crop cycle. Furthermore, as it is an insect that oviposits its larvae inside the fruits, control becomes complicated, since only systemic products can control it, but that translates into an increase in production costs. Also, these products can leave residual residue in the fruits, causing health problems in humans. Entomopathogenic fungi produce diseases and cause death of insects and other arthropods. This research was established with the objective of evaluating the action of three genera of entomopathogenic fungi (*Beauveria bassiana*, *Paecilomyces fumosoroseus* and *Metarhizium anisopliae*) for the control of the chili weevil (*Anthonomus eugenii*) under greenhouse conditions. A completely randomized design was established, with four treatments and the same number of repetitions. According to the results obtained, the T1 and T2 treatments corresponding to *Beauveria bassiana* and *Metarhizium anisopliae* were the ones that stood out in the results, however, *Paecilomyces fumosoroseus* showed low persistence and effect on the weevils. Although it was not possible to obtain population densities as expected, in this research it was observed that weevils require a time of 10-12 days to be colonized, and that with *Beauveria bassiana* since it was not possible with the other entomopathogens. achieve colonization as expected. Also, it was observed that other pests were susceptible to fungi such as whiteflies (*Beauveria* and *Paecilomyces*) and aphids (presenting melanization), although the latter on a smaller scale. But the fruit worms did show colonization by *Metarhizium anisopliae*.

# CAPÍTULO I. GENERALIDADES DEL PROYECTO

## 1.1 Introducción

El chile (*Capsicum annuum* L.) es uno de los cultivos más importantes en el mundo. México es el segundo productor del chile a nivel mundial. El valor del cultivo del chile en México se ha estimado alrededor de 13 mil millones de pesos por año, por lo que resulta muy importante desarrollar nuevas estrategias que permitan la producción sustentable del cultivo. Existen diversas limitantes que reducen los rendimientos de este cultivo, una de las más importantes es el picudo del chile (*Anthonomus eugenii*) el cual ataca a chiles dulces y picosos. El picudo es un insecto holometábolo y olifago, distribuido en las principales zonas productoras de chile en las regiones centro y norte (Rubio, 2020).

El daño más importante del picudo en el chile es por la alimentación y desarrollo de la larva dentro del fruto, ellas se alimentan generalmente de la placenta y las semillas dentro de frutos inmaduros, lo que provoca un obscurecimiento de las semillas y tejidos asociados. El daño por larvas en frutos provoca amarillamiento del cáliz y pedúnculo, pero sobre todo la caída prematura del fruto, provocando una merma en la producción. La presencia de frutos con esos síntomas es un claro indicio de la infestación por este insecto (INIFAP, 2020).

Generalmente el picudo del chile se controla con productos químicos y biológicos, entre ellos el uso de hongos entomopatógenos. Los hongos entomopatógenos son un amplio grupo de microorganismos que proveen múltiples servicios a los sistemas agroecológicos. Entre esos está la capacidad de regular las plagas para mantenerlas en niveles adecuados. Los hongos entomopatógenos de mayor utilización para el control biológico de plagas, el mecanismo de acción de los mismos sobre su hospedero, así como investigaciones realizadas sobre el comportamiento *in vitro* e *in situ* de los hongos de mayor utilización para el control de ciertos insectos. De igual manera, se describe las formulaciones que se utilizan para el desarrollo de esta

biotecnología en campo. En el desarrollo de insecticidas microbianos, los hongos entomopatógenos son una opción viable para disminuir el detrimento del medio ambiente (Motta *et al.*, 2011).

Desde el punto de vista agronómico el control biológico es una herramienta fundamental. Dicha tecnología está basada en el conocimiento de la biología de las plagas y los organismos benéficos. El control biológico debido a que los insecticidas convencionales no pueden alcanzar a las larvas del picudo dentro de los frutos sin incrementar los riesgos de intoxicación en los seres humanos, por mucho tiempo se ha pensado en la importancia que puede tener la inclusión de algún enemigo natural que ataque a los huevos, larvas o pupas del picudo del chile, que están protegidos por los frutos como lo puede ser los hongos entomopatógenos. El picudo del chile como cualquier otro organismo tiene enemigos naturales, estos enemigos llevan a cabo el control natural de las poblaciones del picudo, disminuyendo su población y beneficiando de esta manera a los agricultores, requiere un enfoque preventivo más que reactivo y su aplicación exitosa favorece la disminución en el uso de plaguicidas que en algunos casos pueden seleccionar resistencia en las plagas, provocar contaminación ambiental, además de toxicidad en los cultivos y sus productos (Torres-Ruíz, A. y E. Rodríguez Leyva, 2012).

Para que un hongo entomopatógeno pueda ser utilizado como agente de control biológico, debe cumplir previamente con ciertos requisitos. Uno de los más importantes es que sea inocuo para los seres humanos, lo que garantiza la manipulación sin ningún riesgo y sin necesidad de usar implementos de protección. Asimismo, la inocuidad del hongo debe ser extendida a los insectos benéficos en especial, y al resto de los insectos en general. Como característica relevante, muy asociada a la inocuidad está la especificidad y selectividad con que actúan los hongos entomopatógenos, ya que sólo controlan una plaga exclusiva por tratarse de sus enemigos naturales. Es decir, no afectan a otros insectos, permitiendo la natural mantención de poblaciones de parasitoides, depredadores y polinizadores (Sepúlveda, 2012).

## **1.2 Planteamiento del problema**

El picudo del chile (*Anthonomus eugenii*) es una de las plagas más devastadoras del chile, ocasiona pérdidas que pueden ir de un 30-70% de pérdida del cultivo durante su ciclo. Además, como es un insecto que oviposita sus larvas dentro de los frutos, el control se vuelve complicado, ya que solo se conoce que los productos sistémicos pueden controlarlo, pero eso se traduce a un incremento en los costos de producción y las plagas se vuelven resistentes, esos productos pueden dejar residualidad en los frutos, ocasionando problemas en la salud de humanos.

## **1.3 Justificación**

El uso de hongos entomopatógenos como *Paecilomyces fumosoroseus*, *Beauveria bassiana* y *Metarhizium anisopliae*, es una alternativa sustentable para el control biológico del picudo del chile, esto debido a que, dentro de las normas de inocuidad alimentaria, estos biocontroladores son seguros y fáciles de manipular, no dejan residuos dañinos en los frutos de chiles y además no afecta a insectos benéficos, ni causa daño a quienes los aplican. Por lo tanto, el uso de hongos entomopatógenos es una de las alternativas sustentables ideales y más, cuando se realiza con cepas nativas que están adaptadas a las condiciones edafoclimáticas de la región y son más eficientes en su control.

## **1.4 Objetivos**

### **1.4.1 Objetivo general**

Evaluar el control ejercido de tres hongos entomopatógenos (*Beauveria bassiana*, *Metarhizium anisopliae* y *Paecilomyces fumosoroseus*) para el control del picudo del chile (*Anthonomus eugenii*), determinando el porcentaje de insectos enfermos, melanizados, colonizados y muertos, así como la residualidad de los hongos en el invernadero.

### 1.4.2 Objetivos específicos

Determinar los mecanismos de control de *Beauveria bassiana*, *Metarhizium anisopliae* y *Paecilomyces fumosoroseus*.

Identificar el hongo entomopatógeno que ejerció un mejor control sobre el picudo del chile (*Anthonomus eugenii*).

Determinar la persistencia de los hongos en el invernadero.

Identificar los rangos de hospedantes que tienen estos tres hongos entomopatógenos sobre otras plagas de interés y que están presentes en el cultivo.

### 1.5 Hipótesis

Al menos uno de los hongos entomopatógenos evaluados en esta investigación, será capaz de realizar un control eficiente del 80% sobre el picudo del chile.

$$H_0 = T_1 = T_2 = T_3 = T_4$$

$$H_a: T_1 \neq T_2 \neq T_3 \neq T_4$$

## **CAPÍTULO II. MARCO TEÓRICO**

### **2.1 Antecedentes de control biológico**

Los insecticidas representan una de las principales armas para el manejo de plagas agrícolas, provocan altos costos económicos, contaminación ambiental, disminución de organismos benéficos y especies silvestres, intoxicaciones, efectos negativos sobre aplicadores y personas relacionadas con el manejo de plaguicidas y el desarrollo de resistencia a plaguicidas de diversas especies consideradas plaga.

Con el objetivo de concentrar la información referente a parasitoides reportados para el estado de Nayarit, México se realizó la presente revisión. Una alternativa ante esta problemática es el uso de organismos benéficos, como son los depredadores, entomopatógenos y parasitoides que brindan la regulación de la plaga debido a la relación denso dependiente que establecen, no son nocivos para el ser humano y no contaminan. El uso y manejo de enemigos naturales representa una estrategia sustentable, ecológica que no afecta el equilibrio biológico y conocer cuáles son los organismos presentes en el estado de Nayarit, ofrece una herramienta técnica, estratégica para integrar los programas de manejo de plagas agrícolas en función al comportamiento del organismo plaga y agente de control biológico, cultivo, distribución, condiciones ambientales óptimas y organismos preferenciales para su crecimiento y desarrollo. Se concluye que, para el estado de Nayarit México, se tienen reportadas 36 especies de parasitoides que se encuentran de forma natural o fueron introducidos por el ser humano con el objetivo de disminuir la población de alguna plaga (Hernández *et al.*, 2019).

### **2.2 Generalidades del cultivo**

#### **2.2.1 Origen del chile**

Todas las especies del género *Capsicum* son originarias de América. La distribución precolombina de este género se extendió probablemente desde el borde más meridional de Estados Unidos a la zona templada cálida del sur de Sudamérica. Respecto a su procedencia, una de las hipótesis más aceptadas sugiere que una

porción importante del género *Capsicum* se originó en un “área núcleo” en Bolivia sur central, con la subsiguiente migración a los Andes y las tierras bajas de la Amazonia, acompañada por radiación adaptativa y especiación. Los restos más antiguos de la planta o fruto del chile (*Capsicum*), proceden del valle de Tehuacán (México) y datan del año 5000-3000 a.C.

En México se utiliza la palabra “chile”, del náhuatl chilli o xilli, para referirse a todo fruto clasificado dentro del género *Capsicum*. En Sudamérica lo llamaban “ají”, término que los españoles adoptaron y usan desde la época colonial hasta la actualidad. La historia del chile está ligada a la historia de América (Aguirre *et al.*, 2015).

### 2.2.2 Taxonomía del chile

Reino	Plantae
Sub reino	Tracheobionta
Super división	Spermatophyta
División	Magnoliophyta
Clase	Magnoliopsida
Subclase	Aesteridae
Orden	Solanales
Familia	Solanaceae
Genero	<i>Capsicum</i>
Especie	<i>C.annum L</i>

(Miranda, 2020).

## 2.3 Morfología del chile

### 2.3.1 Hojas

Son solitarias o en pares, lanceoladas, de 2 a 8 cm de largo, 1 a 3 cm de ancho, esparcidamente pubescentes en ambas superficies a glabras, el ápice acuminado, la base cuneada y abruptamente acuminada en el peciolo (peciolo de 5 a 20 mm de largo). Inflorescencias axilares: De una sola flor, pedicelos erectos, curvado en el ápice y floración. (Arambarri, 2011).

### **2.3.2 Fruto**

Su forma es alargada, cónica con punta roma y redondeada, su color es verde, el sabor es picante y con mucho cuerpo (Romero, 2016).

### **2.3.3 Semilla**

Pardo-amarillenta, comprimida de 2.5 mm de largo.

### **2.3.4 Flores**

Desde 1-2 cm de largo y 0.5 cm de ancho, dilatado en el ápice, esparcidamente pubescente, cáliz de 1 mm de largo en anthesis, hasta 2 mm de 5 largo en el fruto, truncado y escasamente lobado con apéndices diminutos justo abajo del margen, estos continuos con las costillas; carola blanca, acampanado, de 9 mm de ancho, lóbulos ovados-trianguulares, de 3 mm de largo; filamentos de 1-1.5 mm de largo, glabros, las antenas verde-azuladas (Flores, 2023).

### **2.3.5 Tallo**

Verde, costillado, pubescentes con pelos incurvados de 0.4 mm de largo. La planta mide de 60 a 120 cm y con una corona que se enancha mucho, llegando a medir de 50 a 90 cm (Barrales, 2010).

## **2.4 Requerimientos edafoclimáticos**

### **2.4.1 Suelo**

Crece bien en tipos de suelos limo-arenosos y arcillosos, da mejores resultados en suelos más pesados con niveles CIC (Capacidad de Intercambio Catiónico) mayores de 12. Puede requerir abono adicional a lo largo de la temporada de crecimiento en suelos de textura más liviana y Requiere un buen drenaje para limitar las enfermedades fúngicas (por hongos) en el suelo (Ríos et al., 2014).

### **2.4.2 PH del suelo**

Debe ser alrededor de 6.0 a 6.5 para lograr un mejor desarrollo de la variedad logrando una mejor absorción y disponibilidad de nutrientes en la planta (INTAGRI, 2020).

### **2.4.3 Temperatura**

El cultivo de chile requiere de una temperatura media diaria de 24 °C. Menor a 15 °C el crecimiento es deficiente y con una temperatura de 10 °C el desarrollo del cultivo se paraliza. Con temperaturas superiores a los 35 °C, puede haber aborto de flores y, la fructificación es débil o nula (Ramírez, 2014).

## **2.5 Manejo agronómico**

### **2.5.1 Preparación del terreno**

Es conveniente una buena preparación hasta dejar el suelo bien mullido, con el fin de lograr el óptimo establecimiento del cultivo; es necesario dar un barbecho a una profundidad de 25 cm. Se surcará a 92 cm para evitar la competencia entre plantas y facilitar las labores de cultivo.

### **2.5.2 Época de siembra**

El periodo óptimo de siembra fue del 15 de junio al 31 de julio, debido a que se tiene menos problemas de lluvias y temperaturas altas, desde el punto de vista de rendimiento, calidad y menores problemas fitosanitarios.

### **2.5.3 Labores del cultivo**

Es necesario realizar labores de aporque y deshierbes con el fin de eliminar malezas, aflojar la tierra, dar mayor soporte a la planta al cubrir las raíces superficiales y favorecer el desarrollo de raíces secundarias (INIFAP, 2018).

### **2.5.4 Siembra**

La siembra se puede realizar en cualquier época del año bajo un sistema de agricultura protegida; en campo abierto se realiza a partir del primero de diciembre en adelante, esto no quiere decir que no se pueda antes o después, si no que la finalidad es aprovechar las condiciones ambientales y sincronizar la época de cosecha para la producción de esta hortaliza, en una época de gran demanda de producto comestible (Aguirre *et al.*, 2017).

### **2.5.5 Manejo del riego**

La humedad debe llegar a la semilla y a la planta por trasporo, para evitar que se pudra la semilla o se marchiten las plantas. Normalmente se dan de 10 a 12 riegos dependiendo la fecha de siembra y las condiciones climáticas prevalecientes. La lámina total es de aproximadamente 78 cm. Se recomienda regar una vez por semana o cada 10 días, haciendo aplicaciones periódicas de calcio, magnesio y boro para darle consistencia, buen amarre y color al fruto.

En riego por goteo se sugieren cada tercer día, con una duración de tiempo por riego de 3 a 5 horas dependiendo del estado vegetativo de la planta, las condiciones ambientales y el tipo de suelo de que se trate. La lámina total aproximada es de 42 cm (Vásquez, 2020).

### **2.5.6 Fertilización**

En riego rodado es recomendable aplicar un fertilizante nitrogenado y todo el fósforo al momento de preparación del surco, puede ser 18-46-00 a razón de 250 kg/ha. Es recomendable aplicar micro elementos de manera periódica como fierro, zinc y boro, antes de la floración, con el fin de lograr el máximo fructificación. Una dosis común para diferentes variedades es aplicar 220 kg de nitrógeno, 80 de fósforo, y 50 de potasio por hectárea en siembras directas (Anónimo, 2018).

## **2.6 Principales plagas en el cultivo de chile serrano**

### **2.6.1 Picudo del chile (*Anthonomus eugenii cano*)**

Los adultos, se aparean y la oviposición puede ocurrir a las 24 horas siguientes. El huevo es de forma oval y liso, con una longitud que varía de 0.4 a 0.5 mm, de color blanco aperlado recién puestos y cambian al color oscuro cuando van a eclosionar. la ovoposición se realiza en los botones florales y frutos tiernos, y que en un tiempo de tres a cinco días eclosionan los huevos. La larva es cilíndrica, curvada, anillada y apoda, de color crema con la cabeza de color amarillo oscuro, mientras que la pupa es del mismo color, pero se torna oscura conforme se aproxima el momento de emerger el adulto y es del tipo exórate o libre, las larvas se alimentan de las paredes

internas del fruto y de las semillas tiernas ocasionando que los frutos se pudran internamente y la mayoría se desprenda de la planta (Cortez *et al.*, 2022).

### **2.6.2 Mosquita blanca (*Bemisia tabaci*)**

La hembra de la mosquita blanca oviposita más de 300 huevecillos en el envés de las hojas, los cuales son colocados desordenadamente en posición vertical. La ninfa pasa por cuatro estadios, en los cuales se alimenta en el envés de las hojas, en el primero se desplaza distancias cortas hasta seleccionar un sitio donde alimentarse y ahí se establece hasta llegar adulto. El daño directo lo ocasionan las ninfas y los adultos al succionar la savia de las plantas, lo que ocasiona el amarillamiento, moteado y encrespamiento de las hojas, seguido de necrosis y defoliación (Pérez, 2012).

### **2.6.3 Gusano soldado (*Spodoptera exigua*)**

El gusano soldado presenta metamorfosis completa, es decir, pasa por los estados biológicos: huevo, larva, pupa y adulto. Las hembras y los machos son capaces de aparearse desde la primera noche de su emergencia, el tiempo de apareamiento varía de 30 a 180 minutos en función a la edad, así, las palomillas de mayor edad permanecen más tiempo en el apareamiento, además una hembra puede ser apareada más de una vez durante su vida. La oviposición comienza en 5 a 6 días después de la emergencia, las hembras colocan los huevos en la parte inferior de las plantas, regularmente en el envés de las hojas y cubiertos con escamas de color gris que desprende la hembra del abdomen, para evitar la deshidratación de los mismos y ser consumidos por los enemigos naturales. Cuando los huevos eclosionan, las larvas del primer instar se alimentan en grupo por debajo de una telaraña de seda en el envés de las hojas, dejando sólo las nervaduras; las del segundo instar se dispersan y hacen perforaciones irregulares en el follaje; los últimos instares se alimentan de los frutos (SENASICA, 2014).

### **2.6.4 Pulgón (*Myzus persicae*)**

Los pulgones son organismos de pequeño tamaño (1.10 milímetros), de colores variados, principalmente verdes, amarillos o negros. Generalmente son lisos, aunque

a veces pueden tener manchas. Se alimentan de la savia de las plantas, introduciendo un estilete que le permite perforar el tejido epidérmico del tallo de las plantas. Algunas especies son muy específicas, y se alimentan de una única especie de planta o cultivo (monófagas), mientras que otras se alimentan de un gran número de especies (polífagas), muchas de las cuales se destacan por su interés económico, como son frutales, hortalizas, ornamentales y especies de valor forestal.

En promedio una hembra produce entre 50 y 100 descendientes por ciclo, y los nuevos individuos solo tardan aproximadamente una semana para madurar y comenzar a reproducirse nuevamente. Comúnmente, el ciclo comienza en la primavera cuando los huevos que han hibernado eclosionan, y emergen hembras ápteras. Estas hembras se reproducen asexualmente durante varias generaciones, produciendo numerosas nuevas hembras sin alas (Villacide *et al.*, 2014).

## **2.7 Principales enfermedades en el cultivo del chile serrano**

### **2.7.1 Mancha gris por (*Stemphylium solani*)**

La mancha gris, es una enfermedad causada por *Stemphylium solani*, patógeno que se presenta muy frecuentemente en diferentes especies de chile (chile morrón, jalapeño, serrano, caribe y cubanelle). La mancha gris se manifiesta principalmente en las hojas jóvenes, en donde aparecen pequeñas manchas de color café claro de uno a dos milímetros de diámetro.

Al madurar las hojas se marchitan, se hacen más grandes y en las orillas de la mancha se presenta un color café rojizo y el centro blanco. Las manchas generalmente tienen un tamaño que fluctúan entre tres a cinco milímetros de diámetro. Los ataques severos de esta enfermedad, como la mayoría que se presentan en chile provocan una defoliación prematura de planta (Reyes, 2018).

### **2.7.2 Tizón por (*Alternaria spp*)**

Es una enfermedad de poca importancia económica en los cultivos de chile. Sin embargo, en frutos de chile maduros (rojos o amarillosos), daños en postcosecha pueden ser de gran consideración. En cultivos de chile, la enfermedad se presenta

principalmente en el follaje, aunque en condiciones de alta humedad de los tallos, flores y frutos se pueden ver afectados.

Las primeras lesiones se observan principalmente en hojas viejas, las cuales consisten en pequeñas lesiones irregulares de color café oscuro. A partir del centro de lesión se forman anillos concéntricos, evidentemente debido a la resistencia que presenta la planta para detener el avance de la infección o debido a que el hongo emite toxinas para provocar la muerte de las células vegetales y cuando se alimentan de ellas de nuevo emite toxinas que destruyen otro grupo de células.

En muchos hospedantes las manchas se encuentran rodeadas por un color amarillo, debido a la producción de toxinas. Cuando se unen varias lesiones, pueden provocar la muerte prematura de las hojas, afectando la producción y calidad del fruto (Guijón, 2001).

### **2.7.3 Marchitez por *Phytophthora* (*Phytophthora capsici* Leonian)**

Marchitez leve de la planta y en tres, cuatro días, se marchita completamente. En el tallo, en el área del cuello, se observa un necrosamiento muy marcado, cuando se hace un corte a este nivel, se detecta una coloración café oscuro. Las plantas enfermas presentan una banda parda oscura que ciñe el cuello, debido a esto, se marchitan y mueren.

En las hojas y ramas, se presentan lesiones como tizón de color verde amarillento y después de color café. En los frutos se observan manchas acuosas de color verde claro cubiertas por el micelio del hongo. Los frutos afectados permanecen adheridos a la planta. Las semillas también son afectadas, al abrir el fruto se detecta micelio sobre las semillas podridas (INIFAP, 2008).

### **2.7.4 Cenicilla polvorienta (*Leveillula taurica*, *Oidium* spp)**

Los primeros síntomas de la enfermedad aparecen en el follaje más viejo de la planta y eventualmente pueden aparecer en las hojas más jóvenes. El hongo se observa como un polvillo blanco a grisáceo por debajo (envés) de las hojas; al principio afecta pequeñas áreas aisladas, pero puede llegar a cubrir toda la superficie inferior de la

hoja. La parte superior (haz) de las hojas puede presentar manchas de color amarillo o café donde también puede observarse el polvillo blanco-grisáceo.

Cuando el ataque de cenicilla polvorienta es muy severo, la planta adquiere una clorosis o amarillamiento general. Los bordes de las hojas se enrollan y se desprenden prematuramente de la planta, exponiendo los frutos a la luz solar que puede producirles lesiones severas impidiendo su comercialización exitosa. La defoliación es más severa en condiciones de baja humedad ambiental. Es importante señalar que, si la defoliación es severa, el número y tamaño de los frutos se reducirá y su sabor se verá mermado (Velásquez Valle *et al.*, 2013).

### **2.3 Uso de los hongos en el control de plagas agrícolas**

Los hongos entomopatógenos juegan un papel importante en la regulación natural de los insectos plagas agrícolas, gracias a la acción de estos microorganismos millones de hectáreas están exentas de los tratamientos químicos. Los resultados de las aplicaciones en campo de los hongos entomopatógenos demuestran sus potencialidades de uso masivo en los programas de lucha biológica contra los artrópodos plagas de los cultivos. La comparación entre estos organismos y los insecticidas químicos convencionales se suele hacer en base a la eficacia y el coste. Además, cuando son considerados los beneficios al medio ambiente que incluyen la protección al hombre y otras formas de vida, reducción de los residuos químicos, aumento de la actividad de otros enemigos naturales y biodiversidad en el ecosistema, sus ventajas son numerosas. Asimismo, estos organismos también presentan ventajas sobre otros agentes de biocontrol como los artrópodos, ya que, en su gran mayoría, pueden ser producidos artificialmente, almacenados por largos períodos y aplicados con los equipos convencionales. Por otro lado, como los artrópodos, muchos entomopatógenos muestran especificidad a determinadas especies o grupos de insectos y algunos tienen la capacidad de promover el control por largos períodos. De igual manera, poseen desventajas normalmente relacionadas con su corta persistencia, lenta velocidad de acción, especificidad (muy amplia o muy restringida) y más elevado coste si los comparamos con los insecticidas químicos convencionales (Estrada, 2019).

Los hongos como *Beauveria bassiana* que pueden causar enfermedades en los insectos, son llamados entomopatógenos. Viven naturalmente en el ambiente, suelos o en agua, como así también alojados en los mismos cuerpos de los insectos, causando su muerte en un plazo aproximado de cinco a siete días; con la posibilidad de propagar la enfermedad a otros insectos bajo condiciones favorables de temperatura y humedad. se multiplican y dispersan dentro del mismo cultivo favoreciendo la acción reguladora de la población de insectos-plaga. Estos permanecen en el área en insectos vivos invernantes; en sus restos o en el suelo; y pueden ser transmitidos de una generación a otra del insecto, por contaminación de los desoves e infección de las crías recién nacidas. Los microorganismos pueden ocasionar no sólo la muerte directa de los insectos, en este caso hormigas cortadoras, sino también la disminución de la oviposición; viabilidad de los desoves o aumentar la sensibilidad a otros agentes de control. Una vez establecido el entomopatógeno en el área, mantiene la población de la plaga por debajo de los niveles de daño económico. Los entomopatógenos no contaminan el ambiente y no son tóxicos para el hombre y otros animales. La aparición de resistencia en los insectos hacia los patógenos es extremadamente baja, comparada con la alta probabilidad de adquirirla, si se usaran agroquímicos (Chiriboga *et al.*, 2015).

Los hongos entomopatógenos juegan un papel muy importante como agentes de control de muchas especies de artrópodos al ser enemigos naturales de los mismos, su rol en la regulación de poblaciones de insectos fue descubierto desde tiempos antiguos, sin embargo, desde hace algunos años han sido estudiados como potenciales controladores de plagas importantes en la agricultura, con resultados muy satisfactorios. Este grupo amplio de microorganismos tienen roles múltiples en los sistemas agroecológicos, el rol más reconocido es la capacidad para regular plagas y mantenerlas en niveles adecuados, es decir, debajo del umbral de pérdida económica en la producción del cultivo, pero además pueden ser endófitos que infectan tejidos de la planta o encontrarse asociados a la rizosfera, protegiendo a la misma de patógenos y herbívoros, y posiblemente incluso, pueden ser agentes promotores del crecimiento

de las plantas. Se han identificado varios géneros y especies de hongos con potencial entomopatógeno, los más utilizados actualmente para este fin son *Beauveria bassiana*, *Metarhizium anisopliae*, *Paecilomyces fumosoroseus*, *Nomuraea rileyi* y *Lecanicillium lecanii* entre otros (Escamilla *et al.*, 2022).

## **2.9 Principales especies de hongos entomopatógenos usados en la agricultura**

Los Hongos Entomopatógenos constituyen el grupo de mayor importancia en el control biológico de insectos plagas. Virtualmente todos los insectos son susceptibles a las enfermedades causadas por hongos. Se conocen muchas especies de hongos entomopatógenos, correspondientes a alrededor de 100 géneros. Entre los géneros más importantes podemos mencionar: *Metarhizium*, *Beauveria*, *Aschersonia*, *Entomophthora*, *Zoophthora*, *Erynia*, *Eryniopsis*, *Fusarium*, *Hirsutella*, *Hymenostilbe*, *Paecilomyces* y *Verticillium*. De todos los hongos entomopatógenos conocidos por su efecto sobre plagas, en Nicaragua y en toda la región los más utilizados corresponden a las especies *Beauveria bassiana* y *Metarhizium anisopliae*, de las cuales se han evaluado muchas cepas contra plagas de importancia agrícola (García *et al.*, 2011).

### **2.9.1 *Beauveria bassiana***

Es un hongo que pertenece a la clase *Deuteromycetes*, orden Moniliales, familia Moniliaceae. Este hongo ha sido encontrando atacando a más de 200 especies de insectos de diferentes órdenes, incluyendo plagas de mucha importancia agrícola. Entre las plagas más importantes controladas por este hongo están la broca del café, la palomilla del repollo, picudo del plátano (*Cosmopolites sordidus*), así como el picudo del chile (*Anthonomus eugenii*) que puede infectar pupas, larvas y adultos de este insecto. Los insectos muertos por este hongo presentan una cubierta blanca algodonosa sobre el cuerpo, la cual está formada por el micelio y esporas del hongo (Ramírez *et al.*, 2014).

### **2.9.2 *Metarhizium anisopliae***

Al igual que *B. bassiana*, este hongo pertenece a la clase *Deuteromycetes*, orden Moniliales, Familia Moniliaceae. Este patógeno ataca naturalmente más de 300

especies de insectos de diversos órdenes. Algunas plagas que son afectadas por este hongo son la salivita de la caña de azúcar (*Aeneolamia spp* y *Prosapia sp*), y chinches plagas de diversos cultivos. Los insectos muertos por este hongo son cubiertos completamente por micelio, el cual inicialmente es de color blanco, pero se torna verde cuando el hongo esporula (FUNICA, 2022).

### **2.9.3 *Paecilomyces fumosoroseus***

El género *Paecilomyces* (*Ascomycota*, *Pezizomycotina*, *Eurotiales*, *Trichocomaceae*) comprende una gran cantidad de especies ubicuas, cosmopolitas, considerados agentes de biodegradación y de descomposición, además de estar presentes en el suelo, insectos, nematodos, maderas, aire y agua, entre otros sustratos. Dentro del género *Paecilomyces*, varias especies han sido reclasificadas en otros géneros, como *Chamaeleomyces* y *Purpureocillium*. Este último, con importancia clínica, pues puede causar infecciones en pacientes inmunocomprometidos o con factores de riesgo. También posee la capacidad de formar biopelículas y colonizar materiales como catéteres e implantes, además de contaminar antisépticos de uso clínico (Cruz *et al.*, 2020).

### **2.10 Mecanismos de acción de los hongos entomopatógenos en insectos plaga**

Los hongos son los únicos patógenos de insectos que invaden sus hospedantes primariamente a través del tegumento, aunque pocos taxones, como por ejemplo *Culicinomyces*, son capaces de invadir a través del tubo digestivo. A pesar de la diversidad taxonómica de los hongos entomopatógenos, hay muchas similitudes en su modo básico de vida y ecología. En general el ciclo de vida de los hongos entomopatógenos comienza con la germinación de la espora y penetración en el hospedante a través de la cutícula, seguido de una rápida proliferación de las células fúngicas en el interior del insecto con resultado final de muerte. La muerte del insecto puede ir seguida de la producción de esporas infectivas para repetir inmediatamente el ciclo, la producción de esporas no móviles, o de estructuras de resistencia que requieren un período de inactividad. Así, de un modo general, los hongos entomopatógenos presentan varias fases en el desarrollo de una micosis (Téllez *et al.*, 2009).

### **2.10.1 La adhesión**

Es el primer paso para la infección y consiste en la unión propágulo fúngico a la cutícula del hospedante. Dicha unión implica mecanismos no específicos de adhesión controlados por las propiedades hidrofóbicas de la pared celular. Algunos taxones de Hifomicetos como *Beauveria*, *Metarhizium* y *Paecilomyces* las propiedades hidrofóbicas de las conidias se deben a la presencia en la pared celular de proteínas ricas en cisteína llamadas hidrofobinas.

### **2.10.2 La germinación**

Ocurre cuando la conidia encuentra condiciones favorables de humedad, temperatura y requerimientos nutricionales en la cutícula pudiendo producir estructuras de penetración como tubos germinativos y apresorio, aunque esta estructura puede faltar en algunos taxones como *Beauveria* y *Nomuraea*, o cuando el tubo germinativo penetra por aberturas naturales. En el caso de *Beauveria bassiana*, para la germinación de las conidias, el hongo necesita de una fuente exógena de carbono como la quitina y, a menor nivel, ciertos ácidos grasos. Por otro lado, los lípidos epicuticulares de los insectos pueden ser importantes para la unión del hongo con la cutícula del hospedante, se indican dos posibles papeles para los lípidos epicuticulares de los insectos en su relación con los hongos entomopatógenos: el primero sería hacer poco accesibles las fuentes de energía para la germinación de las conidias y el segundo podría ser una actividad específica antifúngica que podría inhibir el crecimiento de las hifas (Ojeda *et al.*, 2011).

### **2.10.3 Penetración**

La penetración del hongo a través de la cutícula del hospedante implica una acción combinada de dos procesos principales: físico, debido a la presión de la hifa que rompe las áreas membranosas o poco esclerosadas, y químico, resultante de la secreción de enzimas (proteasas, lipasas, quitinasas), que facilitan la descomposición del tegumento. La abertura bucal, ano, regiones Inter segmentales y tarsos son probablemente las áreas más comunes de penetración (Gualsaqui, 2022).

#### **2.10.4 Proceso de multiplicación del hongo**

En el hemocele del insecto por medio de cuerpos hifales, llamadas blastosporas, que son estructuras uní o multicelulares que pierden la pared celular, pero tienen una delgada capa fibrilar en la membrana plasmática. El insecto, a su vez, puede responder a la infección a través de mecanismos humorales (fenoloxidasas, lecitinas, proteínas y péptidos de defensa), celulares (fagocitosis, encapsulación) o ambos. Sin embargo, los cuerpos hifales de algunas especies como *Nomuraea rileyi* aparentemente no son fagocitados por los hemocitos de los insectos, quizá debido a la falta de residuos específicos en su superficie que los hace irreconocibles por las lecitinas humorales. El crecimiento vegetativo en el hemocele del insecto permite al hongo entomopatógeno incrementar la superficie fúngica en contacto con los nutrientes del medio y la dispersión por el sistema circulatorio del insecto. La duración del período de incubación varía entre las especies, sin embargo, el desarrollo de la enfermedad durante la etapa vegetativa es típicamente dependiente de la temperatura (Guamantaqui, 2024).

#### **2.10.5 Producción de toxinas**

Es una característica de la gran mayoría de las especies de hongos entomopatógenos. Estas sustancias pueden, en muchos casos, originar la muerte del insecto debido a sus propiedades biocidas; además actúan como inhibidores de las reacciones de defensa del hospedante por alteraciones en los hemocitos y retraso en la agregación de las células de la hemolinfa. Las toxinas que producen los hongos entomopatógenos pueden ser macromoléculas proteicas o moléculas de tamaño medio a pequeño con bajo peso molecular (Ramírez, 2020).

#### **2.10.6 Muerte del insecto**

Puede resultar de una combinación de factores incluyendo agotamiento de nutrientes, obstrucción física o invasión de órganos y toxicosis. Después de la muerte del insecto el hongo continúa creciendo saprofiticamente e invade todos los tejidos y órganos internos, se da la colonización total del hospedante. El cadáver ya colonizado se convierte en una “momia” resistente a la descomposición bacteriana, aparentemente debido a la acción de metabolitos producidos por el hongo. Cuando las condiciones

son favorables: ambiente húmedo y cálido; las hifas logran atravesar el tegumento del insecto ocurriendo la emergencia del hongo hacia el exterior. Generalmente la emergencia ocurre por las regiones menos esclerosadas del tegumento, como las membranas Inter segmentales o los espiráculos, pero esto dependerá también del hospedante y de su estado de desarrollo. Una vez que las hifas atraviesan el tegumento pueden permanecer en la fase vegetativa o iniciar el proceso de esporulación (fase reproductora) dentro de 24 a 48 horas dependiendo de la humedad relativa. Las hifas forman conidióforos que dan origen a esporas asexuales (conidias) que son unidades infectivas con función de dispersión (Araujo *et al.*, 2009).

## CAPÍTULO III. METODOLOGÍA

### 3.1 Descripción del área de estudio

El presente trabajo se llevó a cabo en el invernadero (túnel 1) ubicado dentro del instituto tecnológico superior de Salvatierra (ITESS). El área del estudio se localiza ( $20^{\circ}12' 54''$  N,  $100^{\circ}52' 41''$  O) en la comunidad de Janicho, Salvatierra Guanajuato, México. El sitio cuenta con un clima templado y húmedo durante todo el año, con invierno fresco, extenso y templado, con lluvias. Los meses más cálidos son junio, julio y agosto con temperaturas, máximas de  $37^{\circ}\text{C}$ . La precipitación anual es de 730 mm, principalmente en verano. La temperatura media anual es de  $18.1^{\circ}\text{C}$ , con oscilación de  $10.4^{\circ}\text{C}$  (INEGI, 2021).

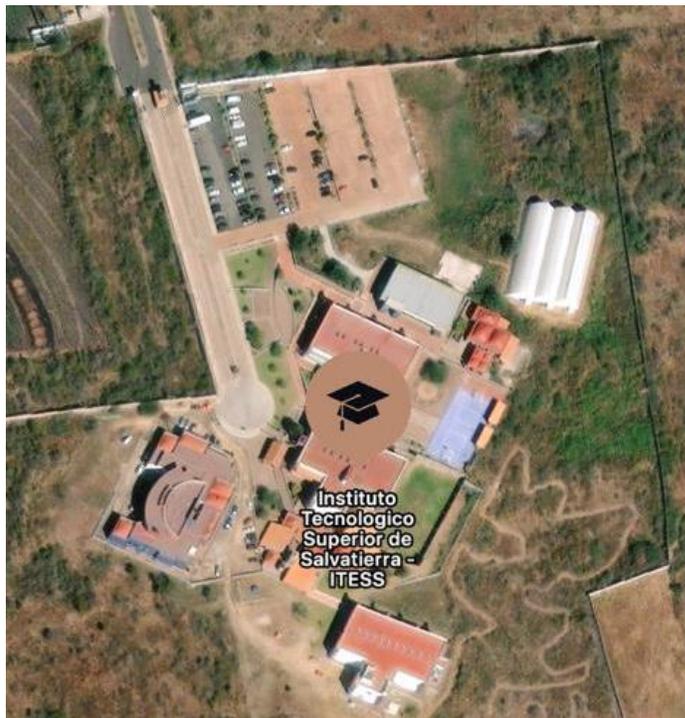


Figura 1. Ubicación del área de estudio (Google maps, 2024).

## **3.2 Etapa de campo**

### **3.2.1 Desinfección de estructura y suelo**

Se realizó una desinfección de la nave, la cual consistió en deshierbe y eliminación de residuos vegetales del anterior cultivo establecido. Posteriormente se desinfectaron paredes y estructura del túnel con una solución de agua, jabón y cloro. La desinfección de suelo se hizo con Metalaxil 25g/ bomba en 20 L de agua. A los 10 días de aplicación se aplicó otra de *Trichodermas spp.*

### **3.2.2 Establecimiento del cultivo**

Se llevó a cabo la siembra directa de semilla camino real F1, en un área de 4 surcos, con una distancia de 30 cm entre cada cavidad para la planta. La siembra fue el día 28 de julio del 2023.

### **3.2.3 Establecimiento del sistema de riego**

Se estableció un sistema de riego por goteo con un gasto de 1.2 L/h y goteros a 30 cm cada uno.

### **3.2.4 Diseño experimental**

En la investigación se estableció un diseño completamente al azar, se utilizaron camas para cada uno de los tratamientos. Se evaluaron 4 tratamientos con cuatro repeticiones. El tratamiento T1= *Beauveria bassiana*  $1 \times 10^{12}$  conidias por  $\text{ml}^{-1}$ , T2= *Paecilomyces fumosoroseus*  $1 \times 10^{12}$  conidias por  $\text{ml}^{-1}$ , y T3= *Metarhizium anisopliae*  $1 \times 10^{12}$  conidias por  $\text{ml}^{-1}$  y el T4= Testigo absoluto. Se utilizaron surcos enteros para aplicar los tratamientos.

En la siguiente figura se observa la distribución de los tratamientos.

T1R1	T2R1	T3R1	T4R1
T2R2	T3R2	T4R2	T1R2
T3R3	T4R3	T1R3	T2R3
T4R4	T1R4	T2R4	T3R3

Figura 2. Distribución de los tratamientos en el invernadero.

T1= *Paecilomyces fumosoroseus*

T2= *Beauveria bassiana*

T3= *Metarhizium anisopliae*

T4= Testigo absoluto

### 3.2.5 Aplicaciones de hongos entomopatógenos

Se hicieron aplicaciones de los hongos entomopatógenos por semana, durante seis semanas consecutivas, se tomaban 10 cajas Petri colonizadas por cada entomopatógeno, así mismo diluyendo en medio litro de agua para después aplicarlos con ayuda de una bomba con 10 lt de agua, estas aplicaciones se realizaron a las 7:00 am, ya que la temperatura no era tan alta y no afectaría a los hongos entomopatógenos.

### 3.3 Variables a evaluar

Se evaluará la densidad de población de picudo de chile (*Anthonomus eugenii Cano*), el efecto de los tres hongos entomopatógenos sobre el insecto plaga, muertes y colonización de este.

Para ello se realizaron monitoreos del picudo del chile en las plantas. Se observaron diez plantas por unidad experimental.

De acuerdo a los muestreos previos se utilizarán las fórmulas de Henderson-Tilton (1955) y la fórmula modificada de Abbott (1925) para estimar la efectividad de los tratamientos. Cuando las poblaciones de insectos son heterogéneas, se utilizará la fórmula de Henderson-Tilton, pero cuando las poblaciones son homogéneas se

utilizará la fórmula de Abbott. Esta última se utiliza también cuando el porcentaje de mortalidad es de 5-20%.

$$\text{Porcentaje de eficacia} = \left[ 1 - \left( \frac{Ca}{Ta} \right) * \left( \frac{Td}{Cd} \right) \right] * 100$$

Donde:

Ta= Infestación en parcela tratada antes de aplicar el tratamiento

Ca= Infestación de parcela testigo antes de aplicar el tratamiento

Td= infestación en parcela tratada después de aplicar el tratamiento

Cd= Infestación en parcela testigo después de aplicar el tratamiento

La fórmula de Abbott (1925):

$$\text{Porcentaje de eficacia} = \left[ 1 - \frac{\text{Número de individuos muertos}}{\text{Número de insectos muestreados}} 100 \right)$$

Donde:

Ta= Infestación en parcela tratada antes de aplicar el tratamiento

Ca= Infestación de parcela testigo antes de aplicar el tratamiento

Td= infestación en parcela tratada después de aplicar el tratamiento

Cd= Infestación en parcela testigo después de aplicar el tratamiento

Se evaluó la mortandad, el tiempo de respuesta y la persistencia. Se registrará la humedad relativa, la temperatura y el fotoperiodo diario. Así como el desarrollo de las plantas a través de las variables fenológicas, altura de planta, tamaño del tallo, rendimientos, se registrarán los riegos y la nutrición del cultivo.

Los insectos colectados que presentaron crecimiento de micelio, se reaislaron para su identificación, tomando una muestra con una aguja directamente del insecto, pero los

que no presenten el crecimiento, pero que presenten melanización (cambio de color del insecto), serán puestos en cámara húmeda para propiciar el crecimiento de micelio y poder realizar el hongo en medio de cultivo PDA.

### **3.4 Análisis de datos colectados**

Se evaluó la mortandad, el tiempo de respuesta y la persistencia de los HE. Se registró diariamente la temperatura, HR y horas luz-oscuridad. Los datos de los bioensayos fueron corregidos con la fórmula de Abbott (1925)<sup>7</sup>, y los resultados se sometieron a un análisis probit para obtener la curva de respuesta concentración-mortalidad, utilizando el programa SAS System for Windows ver 9.0 (SAS Institute Inc 2004), y se realizó un análisis de varianza (ANOVA), posteriormente, se aplicó la prueba de Tukey ( $\alpha < 0,05$ ) para la comparación de las medias.

### **3.5 Etapa de laboratorio**

#### **3.5.1 Material biológico empleado en este experimento**

#### **3.5.2 Aislados nativos**

La obtención de aislados nativos de hongos entomopatógenos que se utilizaron en esta investigación, fueron obtenidos en un estudio previo. El aislamiento y purificación de los hongos se realizó en cámara de flujo laminar por transferencia directa de conidios y/o micelio a cajas Petri conteniendo medio nutritivo Papa Dextrosa Agar y transfiriéndolos a cajas Petri con medio Agar Sabouraud, conteniendo 100 mg de estreptomicina /L y 100 g de insectos (ortópteros) molidos por litro de medio para su esporulación (Tsao, 1970).



Figura 3. preparación de medio de cultivo (Imagen propia).

### 3.5.3 Identificación de los aislados

La identificación se realizó de acuerdo a las características morfológicas de los hongos entomopatógenos, tomando en cuenta color de micelio, tipo de estructuras y corroborando la identificación previa, a través de la inoculación y crecimiento de los hongos entomopatógenos usados (*Beauveria bassiana*, *Metarhizium anisopliae* y *Paecilomyces fumosoroseus*) sobre los insectos, de los cuales se re aisló el hongo del insecto y se transfirió micelio a caja con medio de cultivo Sabouraud dextrosa agar, el cual se dejó incubando a una temperatura de  $27 \pm 1$  °C. Las colonias fueron purificadas en cultivos monospóricos y las estructuras aisladas fueron nuevamente observadas en un microscopio con contraste de fases, para determinar las características morfológicas siguiendo las claves de Humber (1998).



Figura 4. Identificación de aislados (Imagen propia).

### 3.5.4 Reactivación de la virulencia de aislados

Se inocularon insectos adultos y larvas de gusanos para reactivar la virulencia de los hongos entomopatógenos para posteriormente volver a aislar el hongo del cuerpo del insecto. utilizar otro tipo de insectos solo para no perder la virulencia de los aislados.

### 3.5.5 Reproducción del inoculo

Éste se obtendrá de siembras de esporas en cajas petri conteniendo como medio de cultivo Agar Sabouraud con 100 mg de estreptomycin/L e incubándose durante 10 días. El micelio será raspado con un asa bacteriológica y colectado en un matraz conteniendo agua destilada estéril, el cual será ajustado a diferentes concentraciones  $10^6$ ,  $10^9$  y  $10^{12}$  conidias en cámara Neubauer.

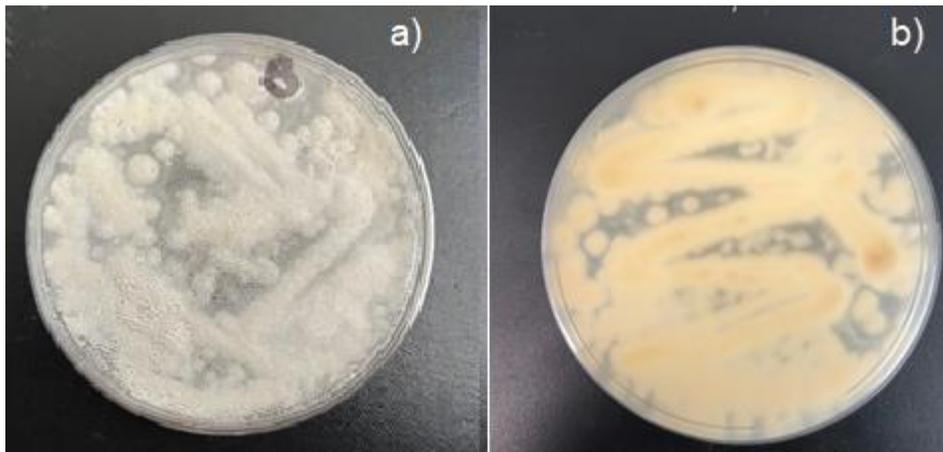


Figura 5. Reproducción de *Beauveria bassiana*, a) anverso y b) Revés (Imagen propia).

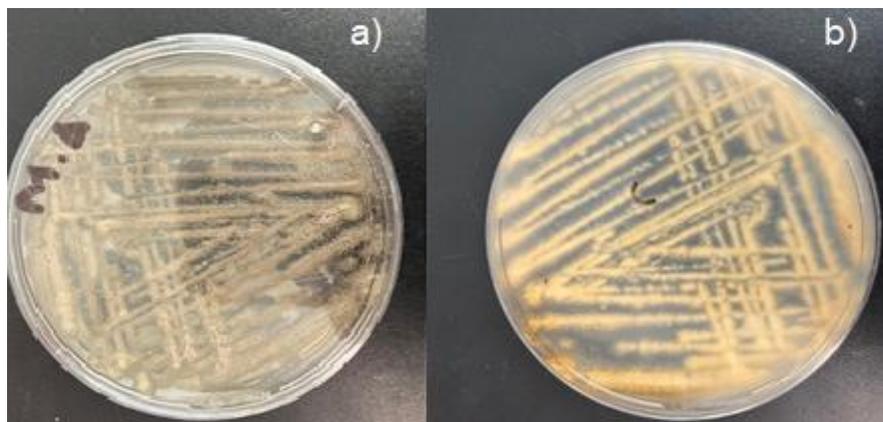


Figura 6. Reproducción de *Metarhizium anisopliae*, a) anverso y b) Revés (Imagen propia).

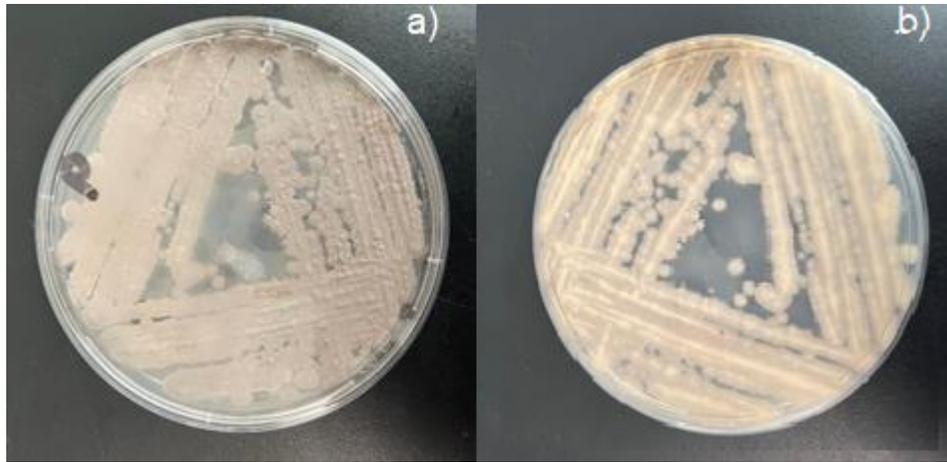


Figura 7. Reproducción de *Paecilomyces fumosoroseus*, a) anverso y b) Revés (Imagen propia).

### 3.6 Conteo de inoculo en cámara Neubauer o hemocitómetro

Se prepararon cajas con PDA para la siembra de los hongos utilizados los cuales fueron crecidos durante 7 días. Se esterilizó agua destilada (100 ml) en matraces Erlenmeyer y se agregaron 10 gotas de Tween 20. A cada caja se le agregaron 2 ml de agua y se procedió a raspa el micelio con una varilla de vidrio. Las esporas colectadas se depositaron en los matraces con agua estéril. Estos se agitaron y fueron filtradas en papel filtro Whatman. Enseguida se tomó una alícuota de 100  $\mu$ l, parte de ella fue depositada en la cámara Neubauer y se dejó reposar por dos minutos para que las conidias se sedimentaran. Enseguida se procedió al conteo en la cuadrícula que contiene 3 líneas como borde (16 cuadrados de la cuadrícula central). En cada cuadro se hizo el conteo y al final se sumó el número de conidias, multiplicando por 10,000 para sacar el número de conidias por ml. Los aislados se mantuvieron en refrigeración para evitar que perdieran la viabilidad y así usarlos en el momento que se presentara la plaga.



Figura 8. Conteo de inculo en cámara Neubauer o hemocitómetro (Imagen propia).

### **3.7 Bioensayos para determinar virulencia y patogenicidad de los aislados sobre otras plagas encontradas**

En cajas Petri conteniendo papel filtro se colocarán insectos de mosquita blanca (*Trialeurodes vaporariorum*), picudo (*Anthonomus eugenii*), gusano soldado (*Spodoptera exigua*) y pulgones (*Myzus persicae*), las cuales fueron asperjadas individualmente con hongos los diferentes hongos entomopatogenos para determinar la selectividad del biocontrolador en otras plagas presentes durante el ciclo del cultivo. Posteriormente se incubaron a una temperatura de  $27 \pm 1$  °C durante 10 días, cada 24 horas se observó el comportamiento de los insectos y la aparición de signos de la enfermedad. También se registró el tiempo de muerte. Se evaluó el porcentaje de muerte, la eficiencia de las dosis y el periodo de residualidad post mortem de los insectos. La mortalidad se cuantificó diariamente por un período de diez días.

## CAPITULO IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### 4.1 Altura de planta

Con respecto a la altura de planta, en el siguiente gráfico se muestra el comportamiento de la altura de la planta, durante 6 semanas consecutivas, en las cuales se obtuvieron los datos de desarrollo de la planta, aunque en la evaluación final no se presentaron diferencias entre los tratamientos, pero si con el testigo (Gráfico 2).

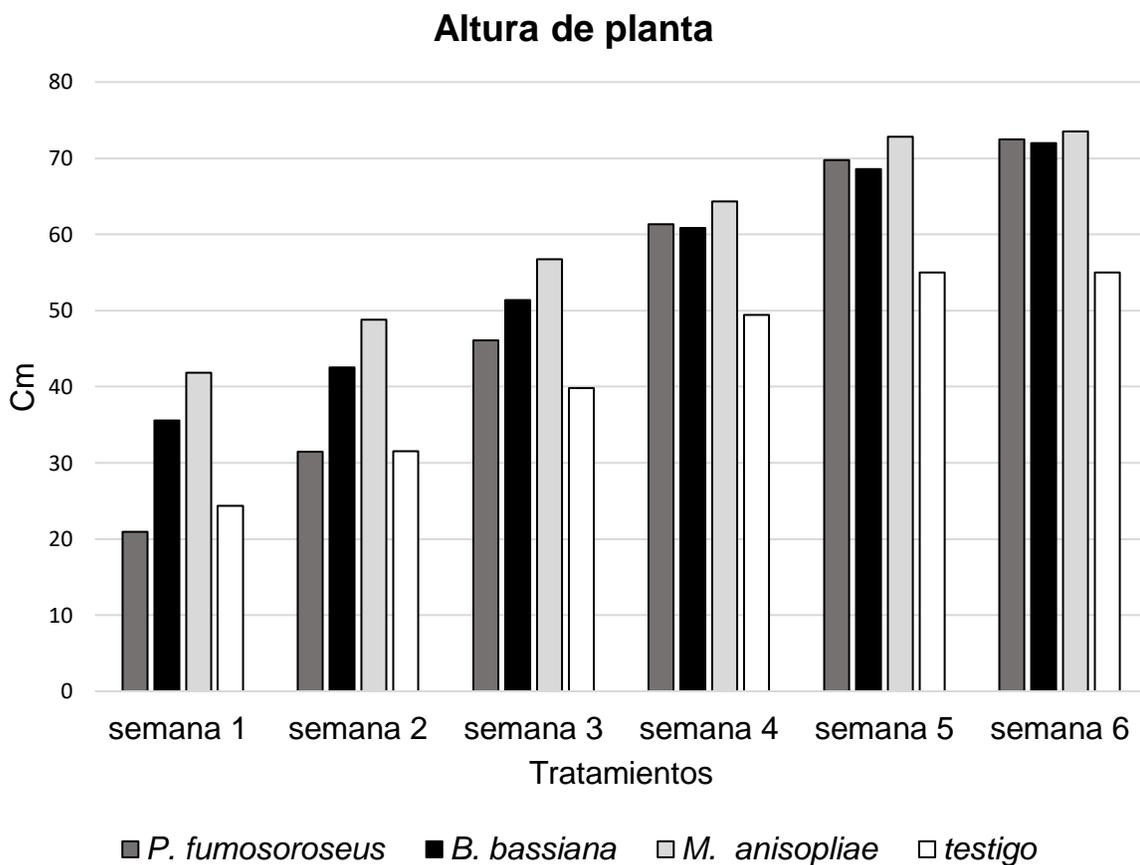


Gráfico 1. Promedios registrados durante seis semanas de la variable altura.

En el Gráfico 2 se observa el registro de las medias de alturas, las cuales se determinaron al final del ciclo del cultivo. El tratamiento T2 perteneciente a *Beauveria bassiana*, obtuvo la mayor altura de la planta, sin embargo, entre los tratamientos con los entomopatógenos no hay diferencias significativas entre ellos, solamente se presentaron diferencias entre los tratamientos T2 y el testigo T4.

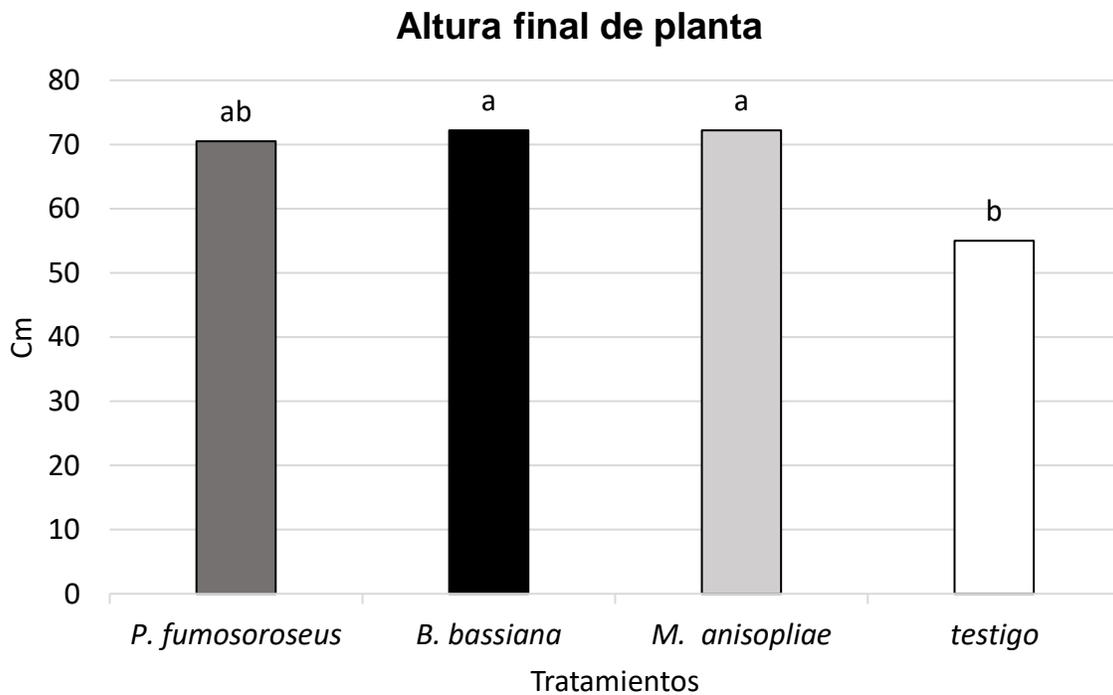


Gráfico 2. Medias de altura de final de las plantas.

## 4.2 Número de flores

En el siguiente gráfico se muestra el comportamiento del número de flores registrado durante seis semanas consecutivas, donde se presentaron diferencias estadísticas solo con respecto del testigo, aun cuando el tratamiento T2 se registró la mayor floración.

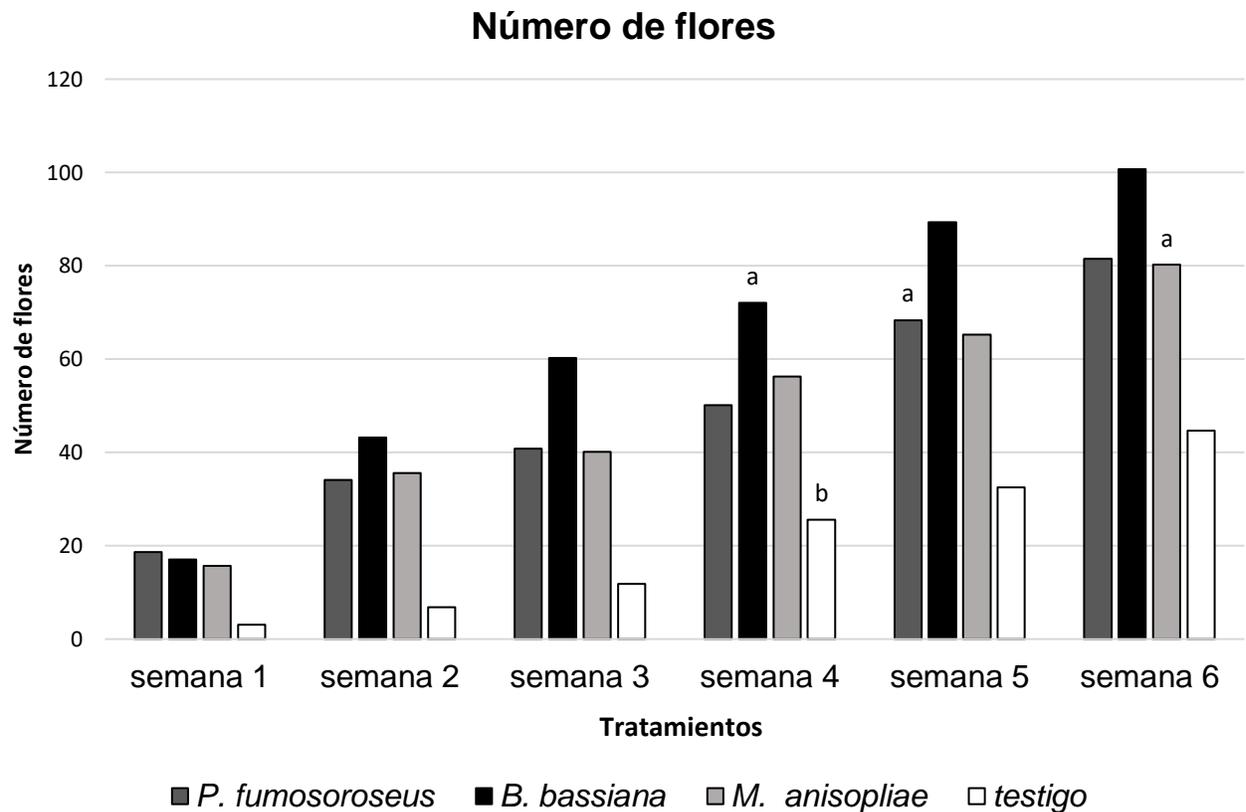


Gráfico 3. Promedio del número de flores registrados durante seis semanas.

En el Gráfico 4 se muestra que, aunque el T2 (*Beauveria bassiana*) fue el que presentó el mayor número de flores 100.7, es estadísticamente similar al T1 de 81.5 flores y T3 de 80.2 pero diferente al testigo T4 quien presentó el menor número de flores 44 por planta, de acuerdo con la prueba de Tukey.

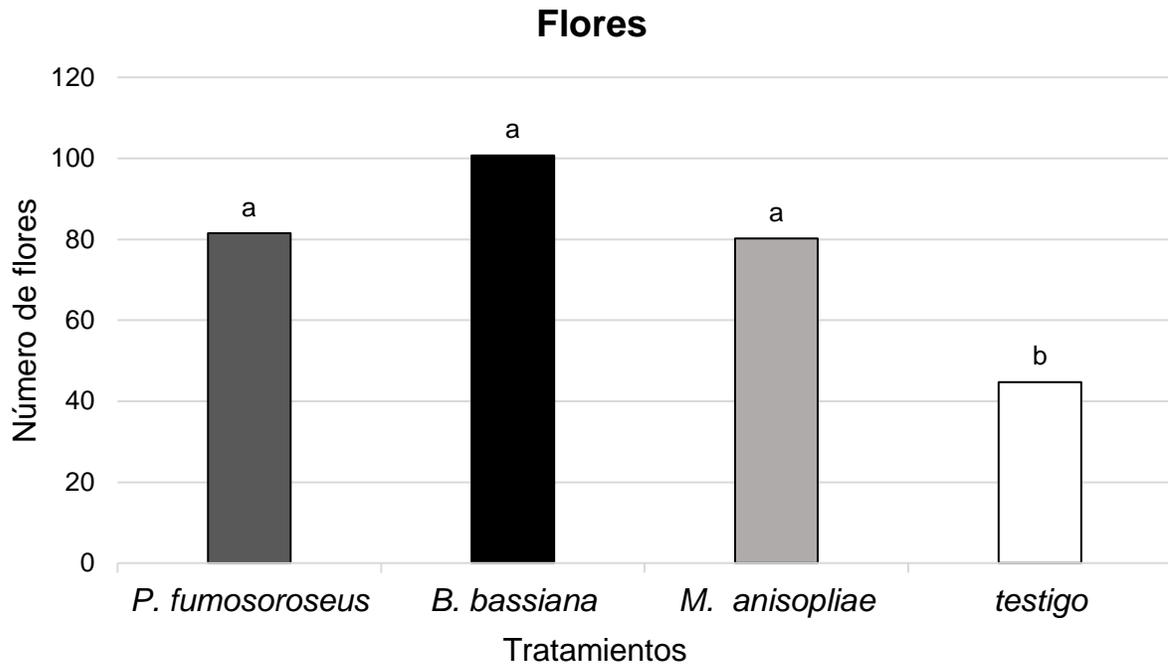


Gráfico 4. Medias de tratamiento del número de flores.

### 4.3 Diámetro polar

Durante las dos primeras semanas de recolección de datos, no se tuvo cosecha de frutos, sin embargo, en el gráfico 5, se muestra el comportamiento de los tratamientos. Sin embargo, no existen diferencias con respecto a esta variable ya que todos los tratamientos incluidos el testigo se comportaron de forma similar.

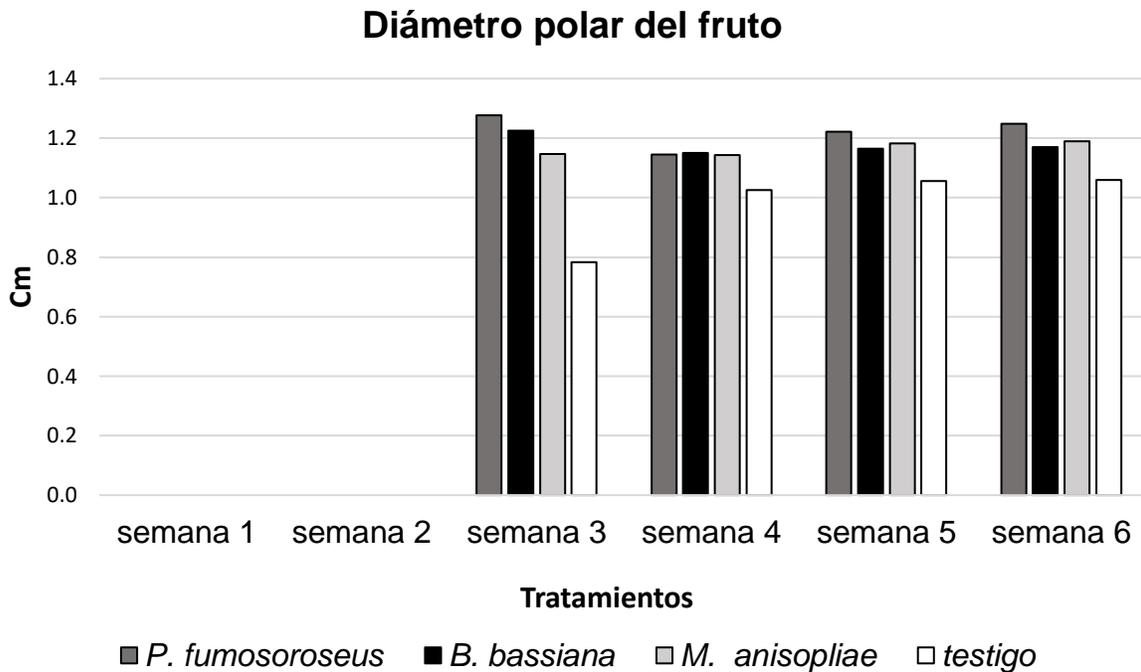


Gráfico 5. Promedios del diámetro polar registrado durante seis semanas.

Con respecto a la toma de datos de la variable de diámetro polar, no se presentaron diferencias significativas entre los tratamientos, estos se comportaron estadísticamente de forma similar de acuerdo al análisis de varianza y a la comparación de medias de Tukey. Las medias de los tratamientos fueron T1=1.2 cm, T2=1.1, T3=1 y T4= 1, resultados que se muestran en el siguiente gráfico.

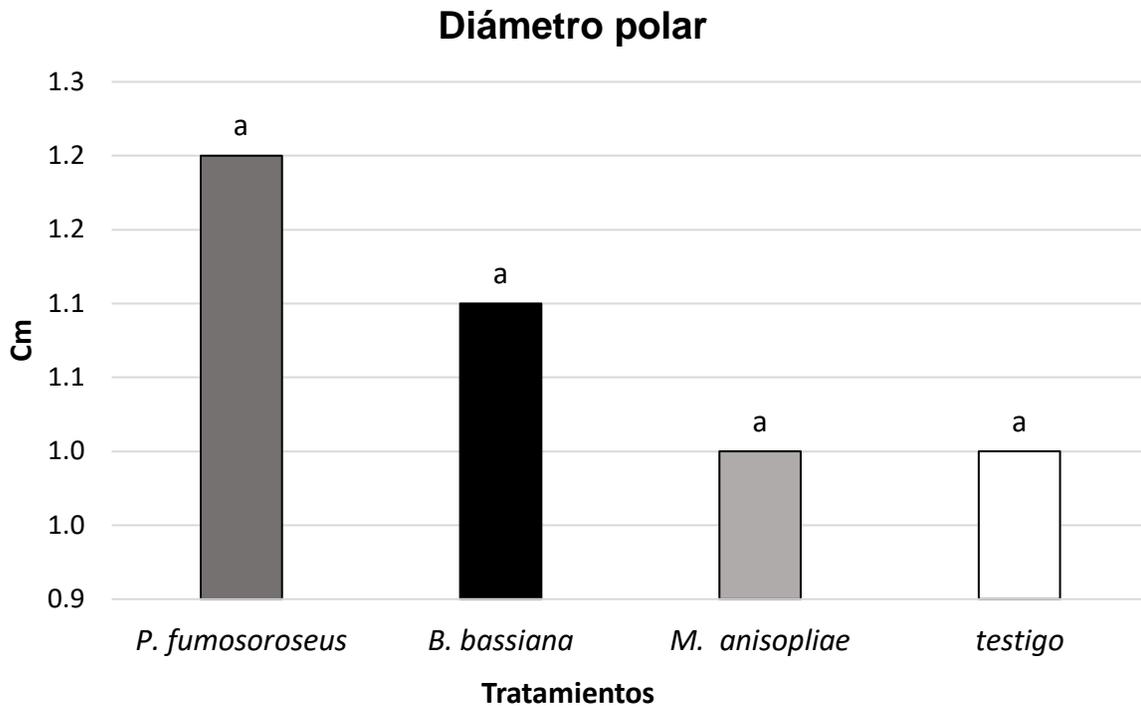


Gráfico 6. Medias de tratamiento del diámetro polar del fruto.

#### 4.4 Diámetro ecuatorial

De acuerdo a los datos obtenidos durante seis semanas consecutivas de la variable diámetro ecuatorial, muestran que no se presentaron diferencias estadísticas entre tratamientos ni con el testigo, esto se puede observar en el Gráfico 7.

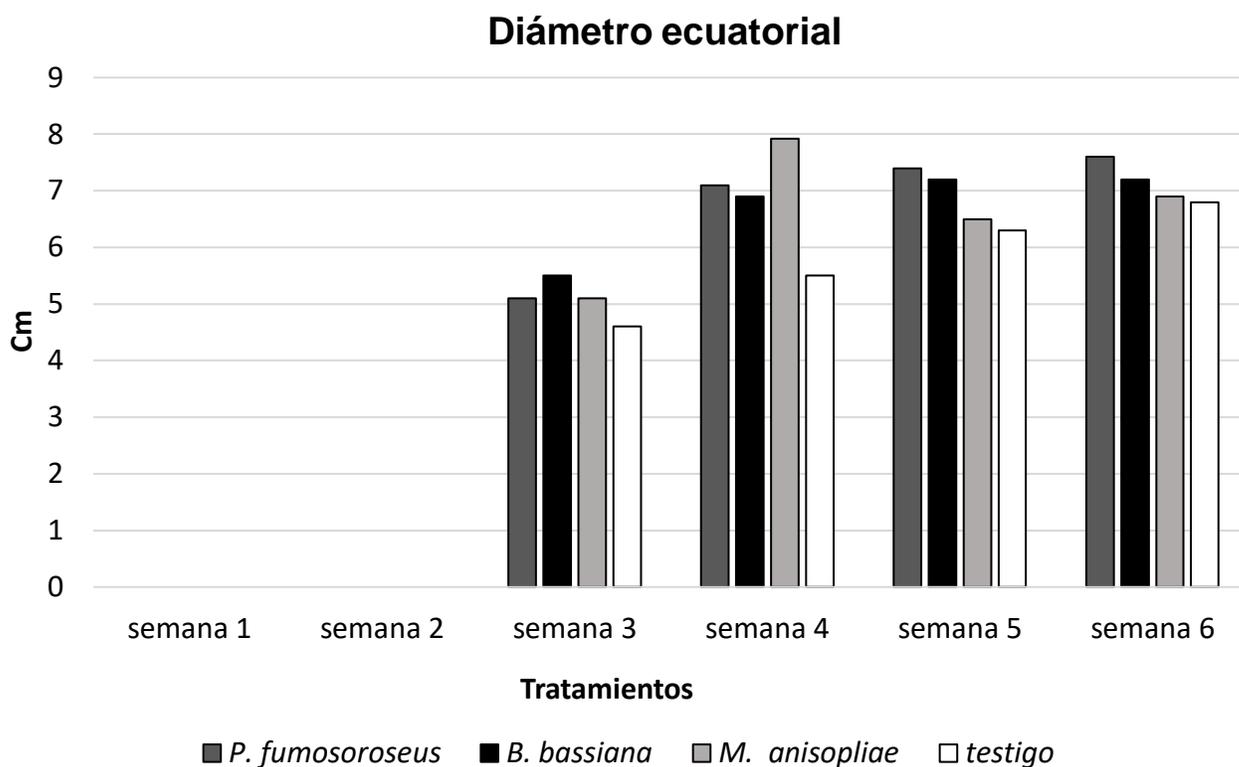


Gráfico 7. Promedios de diámetro ecuatorial registrado durante seis semanas.

Aun cuando los resultados de la variable de diámetro ecuatorial muestran que el T1 obtuvo un diámetro de 7.6, T2=7.2, T3=6.9 y el T4=6.8 cm, los tratamientos son estadísticamente similares, de acuerdo al análisis de varianza y a la comparación de medias Tukey, datos que se aprecian en el Gráfico 8.

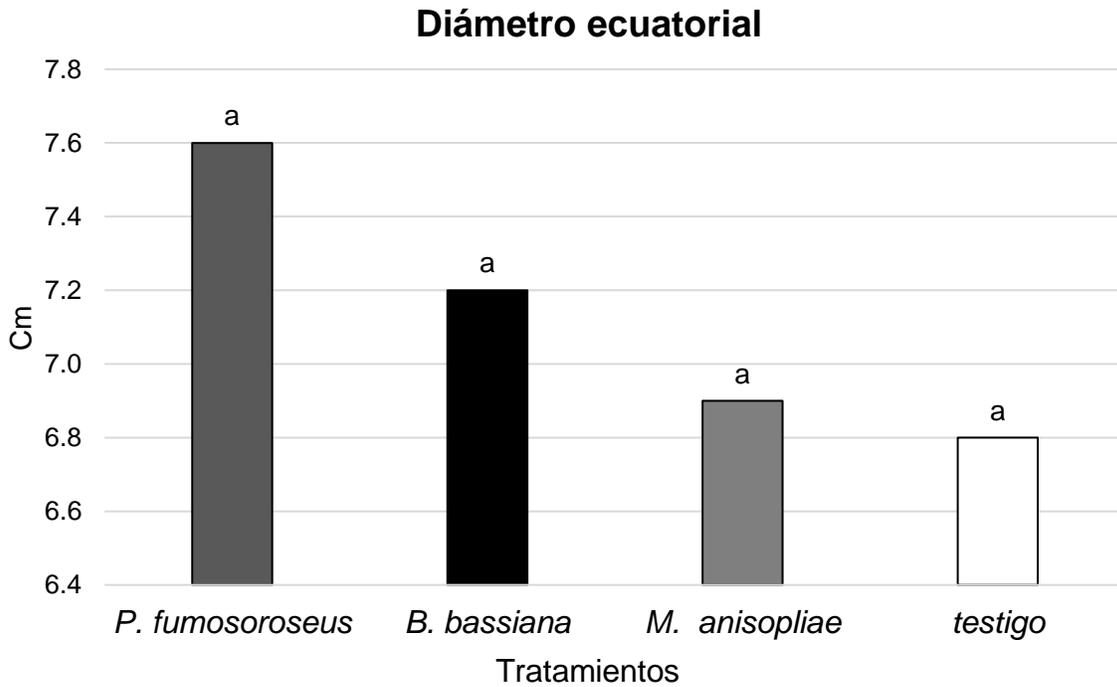


Gráfico 8. Medias de tratamiento del diámetro ecuatorial del fruto.

#### 4.5 Peso total

De acuerdo con los resultados obtenidos durante seis semanas de evaluación, se registraron los promedios de peso del fruto por tratamiento. Según el Gráfico los valores obtenidos para los tratamientos T1=2,067, T2=2,389, T3=2,430 y T4=1,068 kgs, para los tratamientos T2 y T3 presentaron un comportamiento estadísticamente similar según la prueba de Tukey, así mismo el T4 fue el de menor peso total.

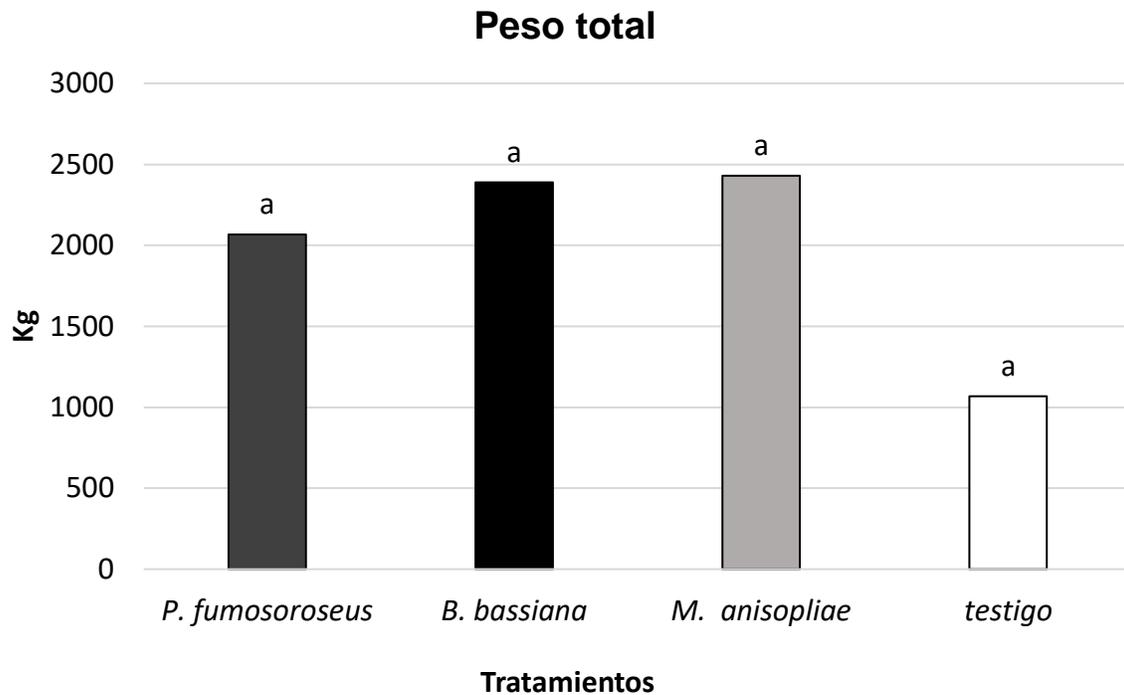


Gráfico 9. Medias de tratamiento del peso del fruto.

#### 4.6 Número de frutos totales

De acuerdo con los resultados obtenidos durante seis semanas, se registró el promedio número de chiles por tratamiento. Según los valores obtenidos de los tratamientos T1 324.8, T2 372, T3 468.5 y T4 163.8

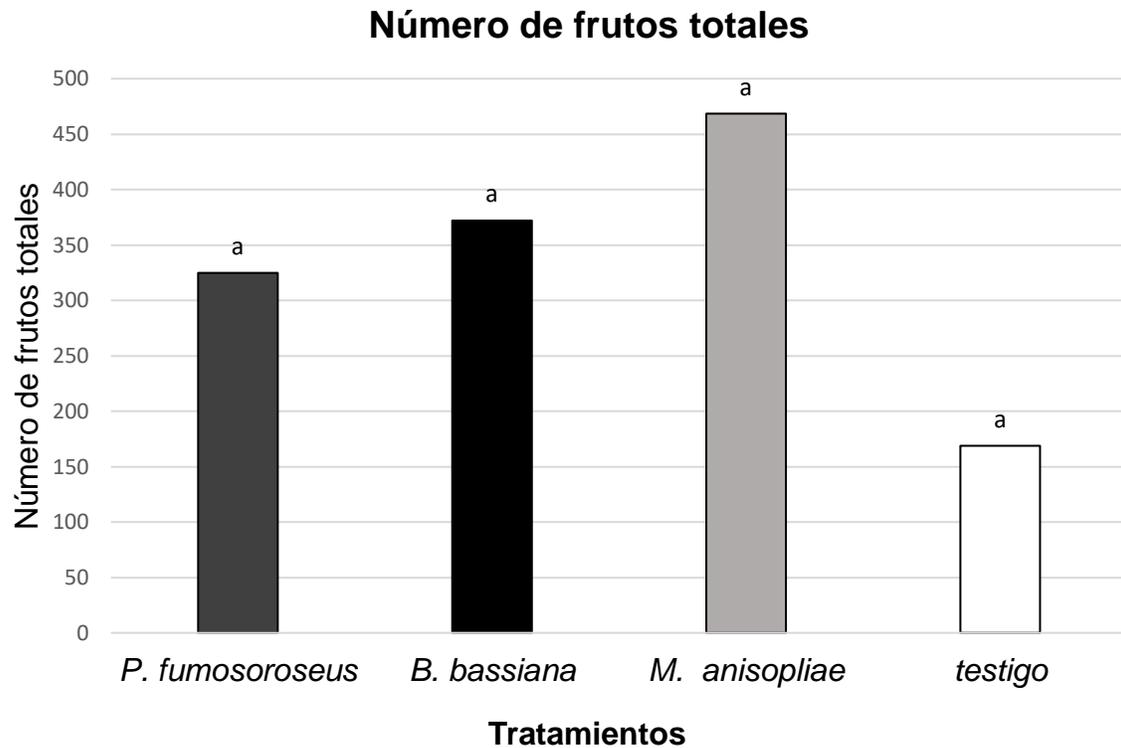


Gráfico 10. Número de frutos totales.

#### 4.7 Chiles picados

En el siguiente gráfico se muestran el número de chiles picados por tratamiento, obtenidos durante seis semanas, en los datos obtenidos se observa que presentaron diferencias estadísticas entre los tratamientos y el cual hubo mayor presencia de chiles picados en el testigo.

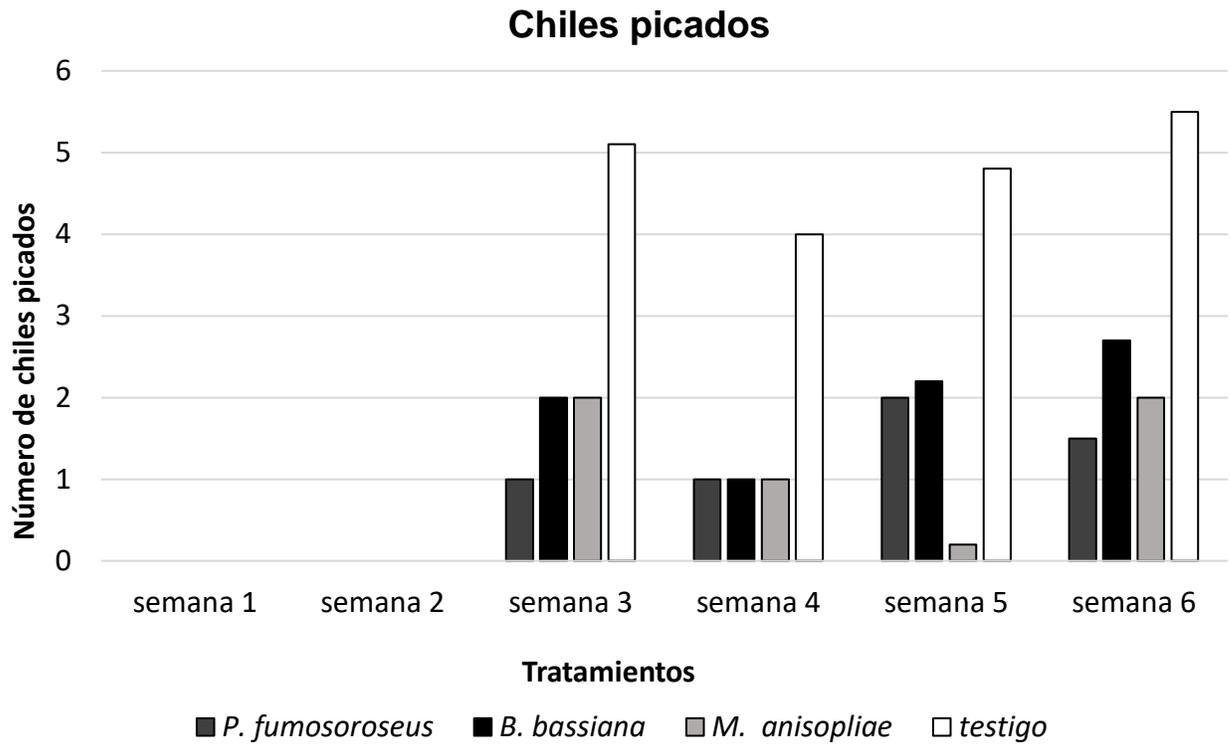


Gráfico 11. Número de chiles picados promedio durante seis semanas.

De acuerdo con la prueba de Tukey para el número de chiles picados presentes en el Gráfico 8, presentaron un comportamiento similar entre los tratamientos T1, T2 y T3, así mismo las medias de los tratamientos el T1 1.5 de chiles picados, T2 2.7 chiles picados, T3 2 chiles picados y T4 5.5 presentó mayor número de chiles picados.

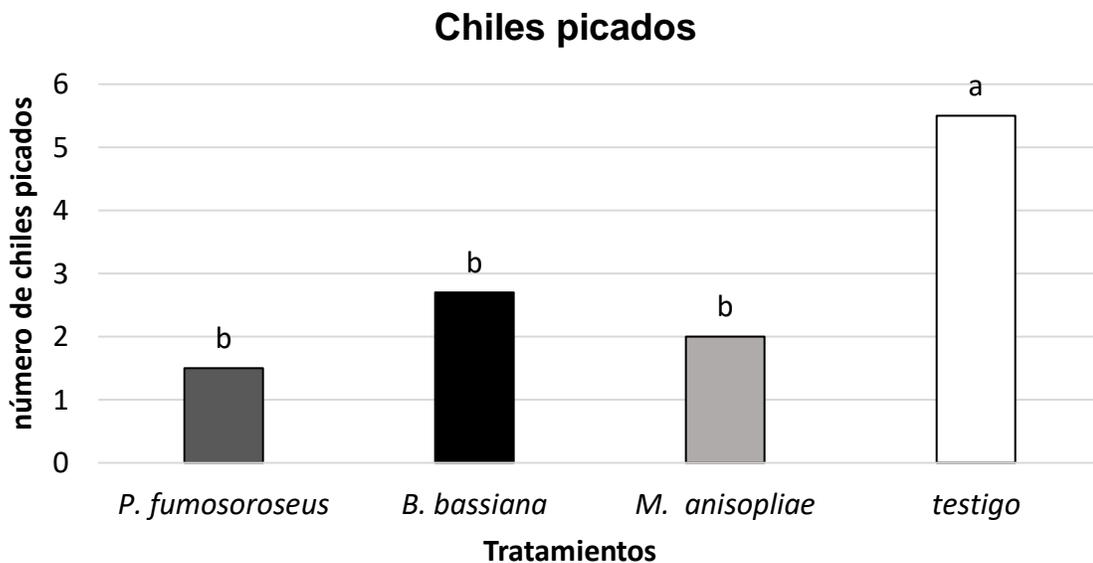


Gráfico 12. Medias de tratamiento de las variables, chiles picados.

#### 4.8 Número de picudos por tratamiento

En el siguiente gráfico se muestran diferencias estadísticas entre tratamientos, ya que durante la toma de datos durante seis semanas se muestra que hubo mayor presencia de picudo en el testigo. Entre tratamientos no se observan diferencias, pero con el testigo si se presentaron.

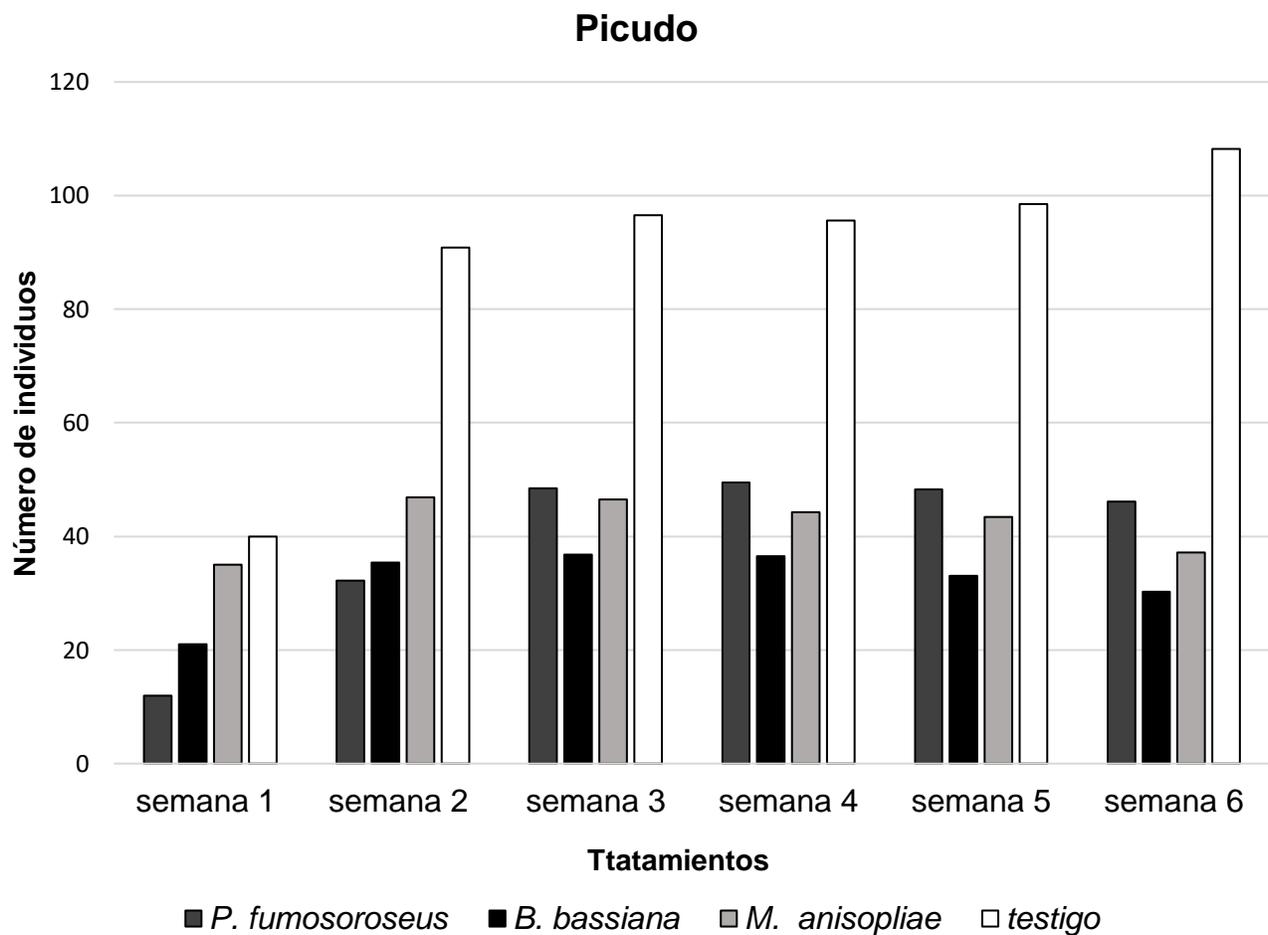


Gráfico 13. Número de picudos promedio durante seis semanas.

De acuerdo con la prueba de Tukey para el número de picudos, los tratamientos T1, T2 y T3 presentaron un comportamiento estadísticamente similar.

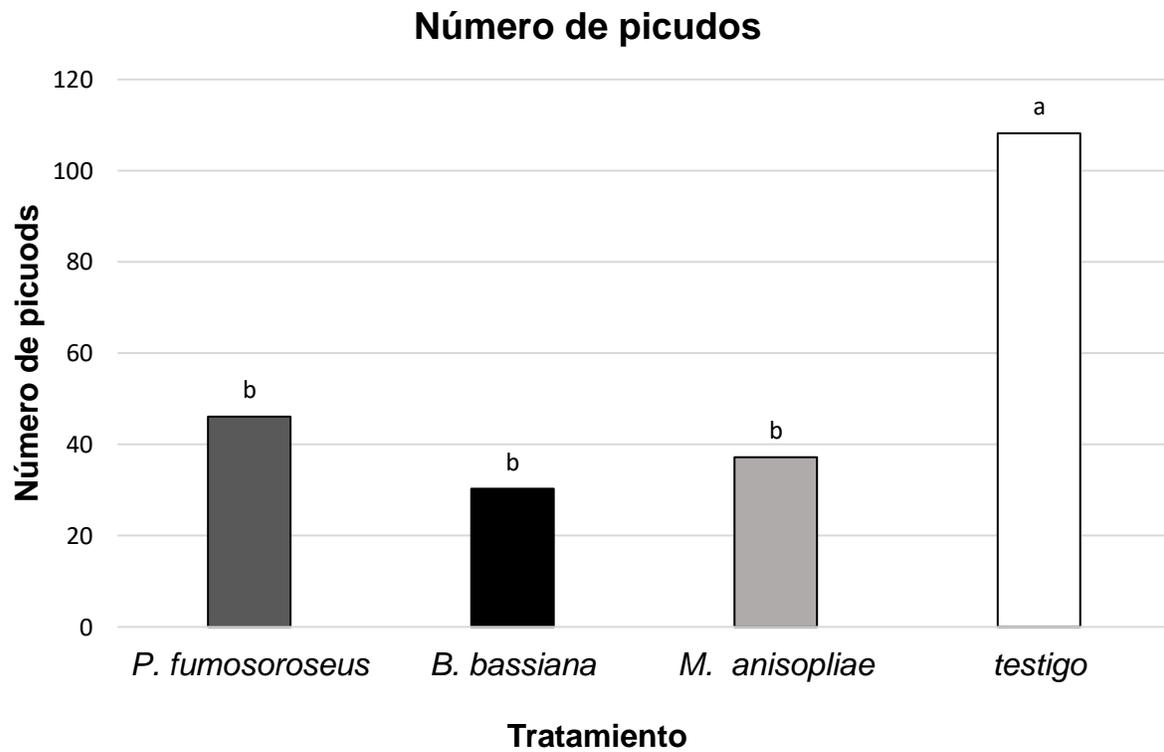


Gráfico 14. Medias de tratamiento de presencia de picudos.

#### 4.9 Momias de picudo

En el siguiente gráfico muestra diferencias estadísticas entre tratamientos siendo que el tratamiento T2 presentó mayor presencia de número de momias de picudo.

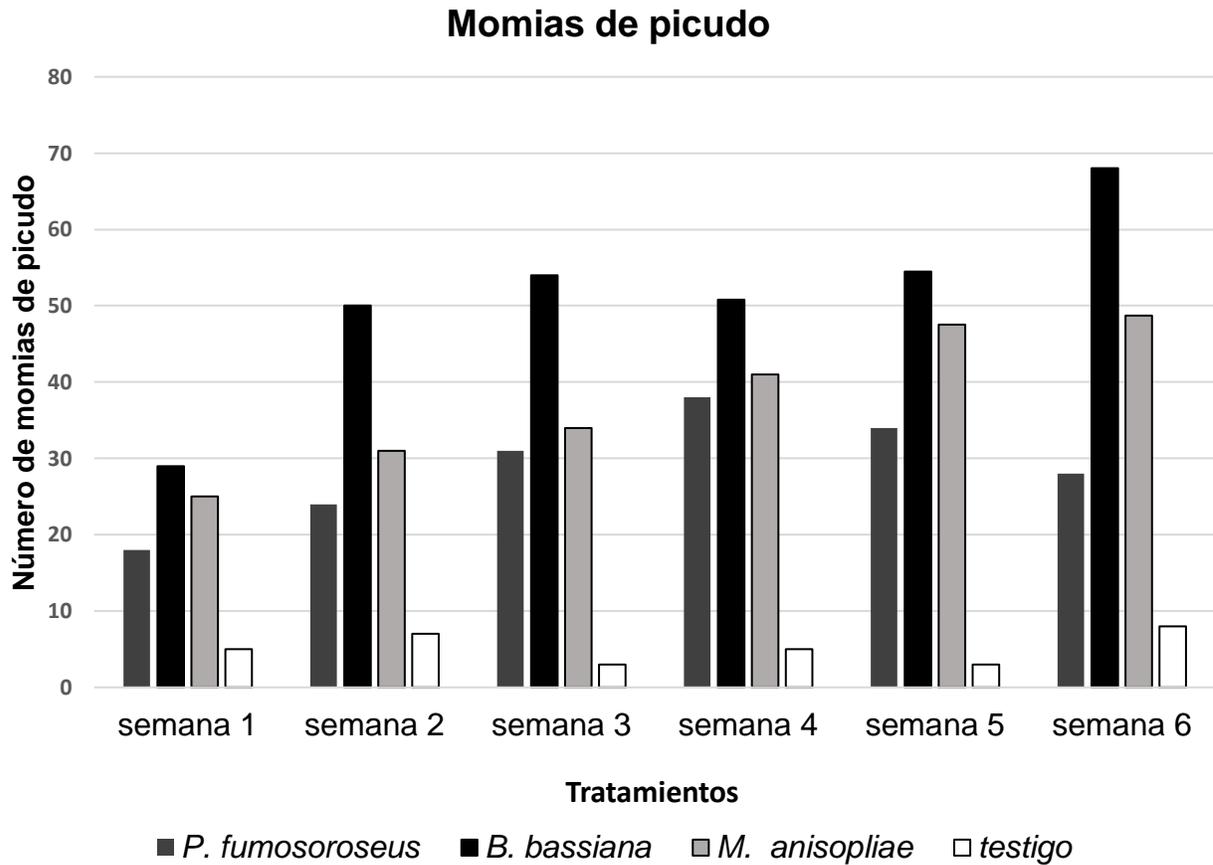


Gráfico 15. Número de picudo promedio durante seis semanas.

De acuerdo con las pruebas de Tukey el número de momias de picudo, presentaron diferencias estadísticas entre los tratamientos. En el Gráfico 7 se observan los valores para los tratamientos mostrando el T1 con un promedio de 68, T2 y T3 se comportaron similares y el T4 con un número menor de presencia de momias de picudo.

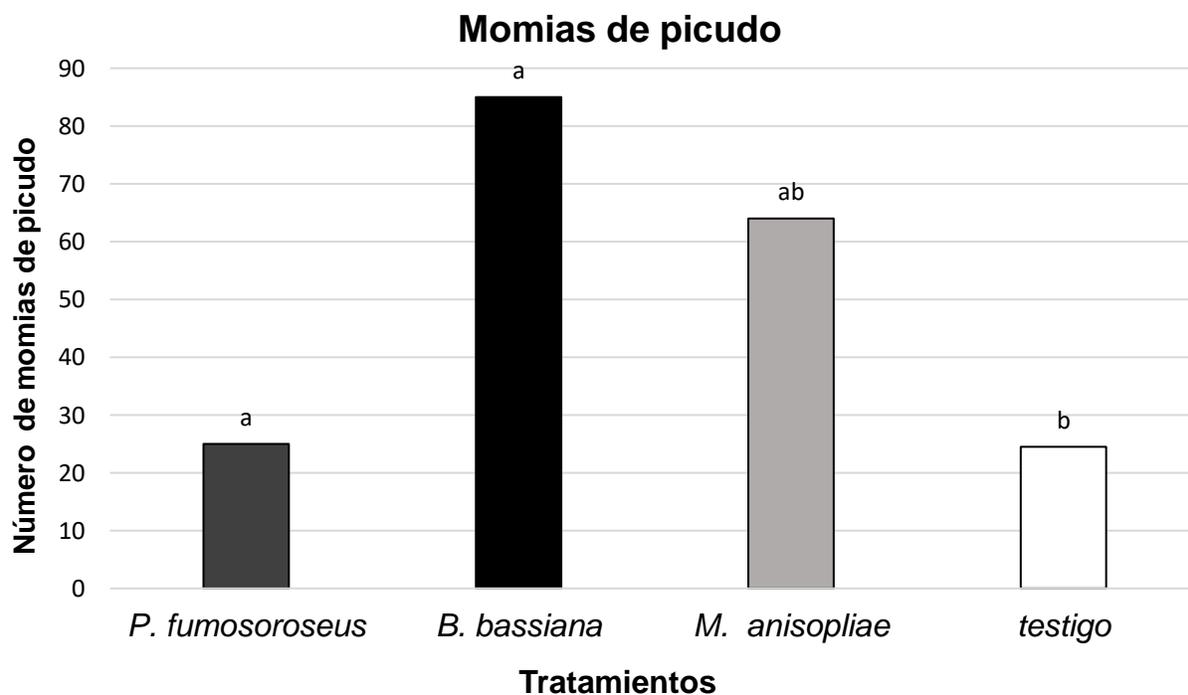


Gráfico 16. Medias de tratamiento de presencia de momias de picudo.

#### 4.10 Mosquita blanca

En el siguiente gráfico se muestran diferencias estadísticas entre los tratamientos donde en tratamiento T4 muestra mayor presencia de mosquita blanca.

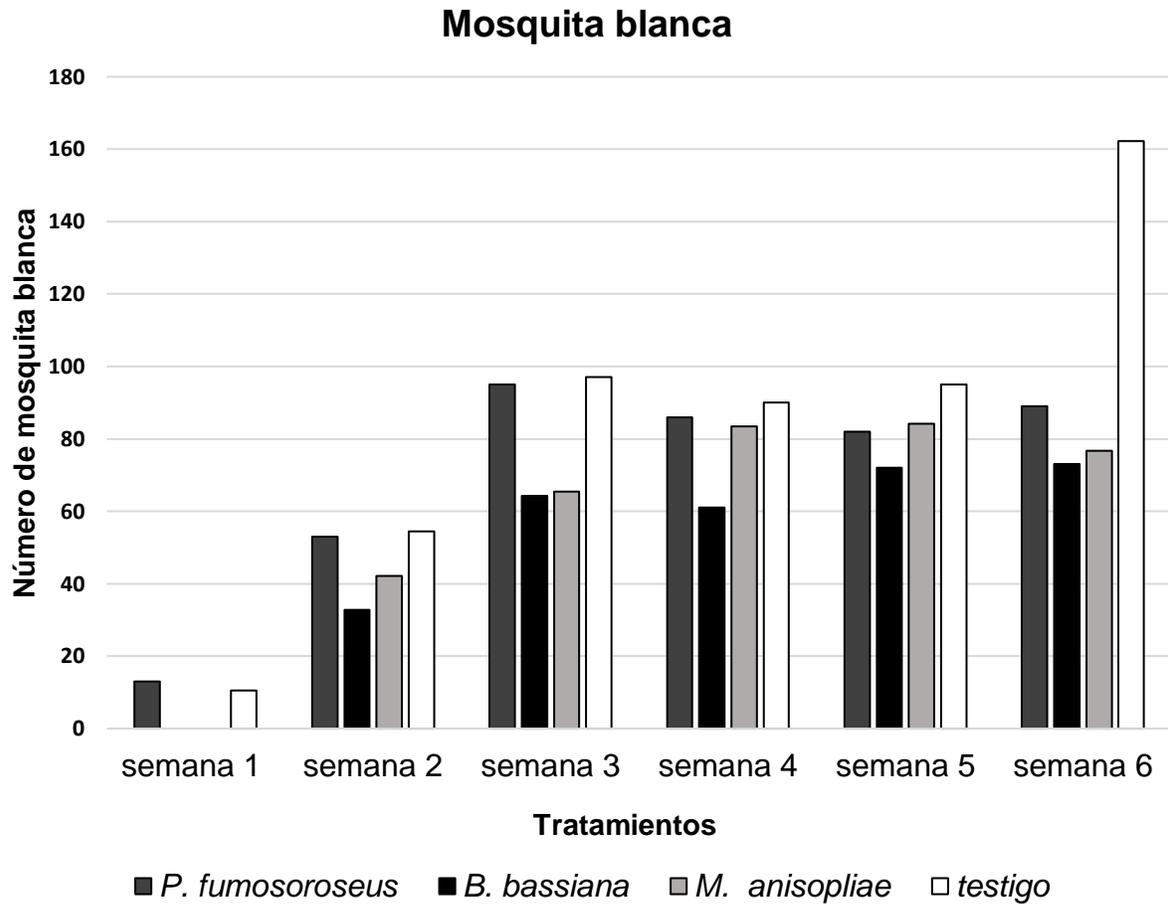


Gráfico 17. Individuos de mosquita blanca durante seis semanas.

De acuerdo con las pruebas de Tukey el número de mosquita blanca los tratamientos T1, T2, T3 no presentaron diferencias estadísticas entre ellos, el T4 presentó mayor presencia de mosquita blanca con 162.2.

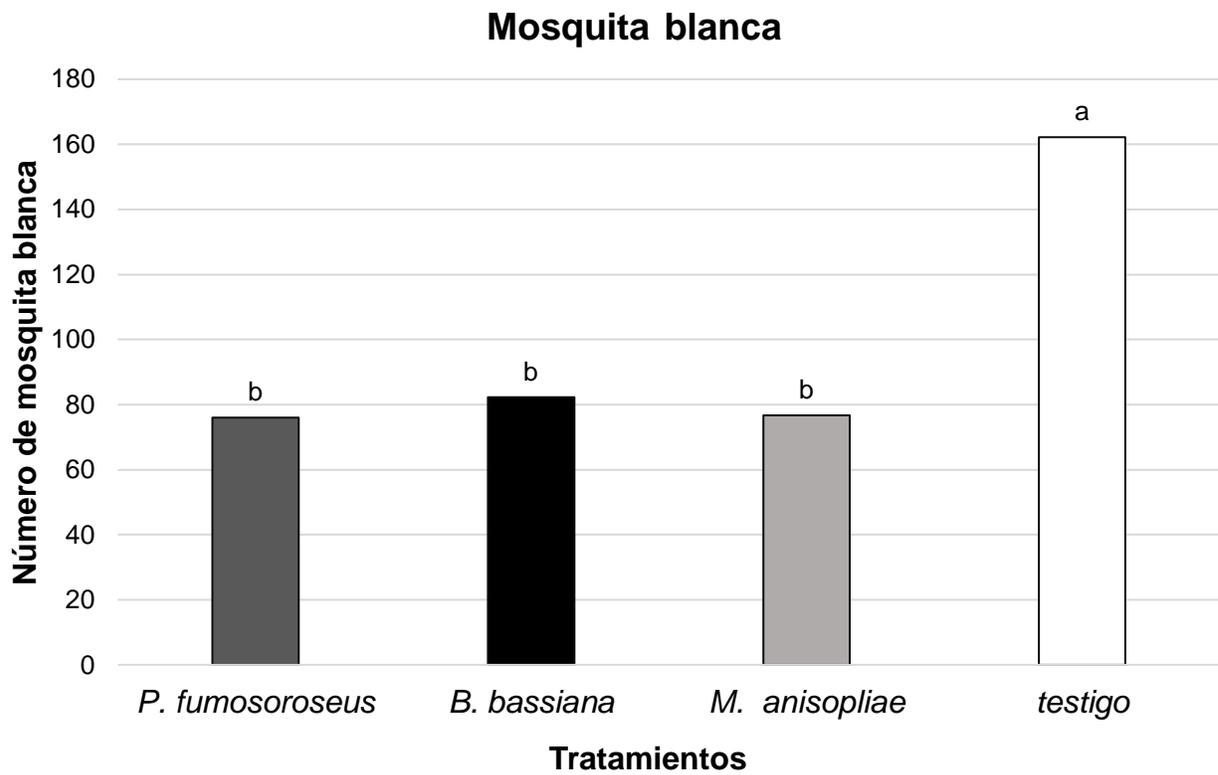


Gráfico 18. Medias de tratamiento de presencia de mosquita blanca.

#### 4.11 Momias de mosquita blanca.

En el siguiente gráfico se muestran diferencias estadísticas entre los tratamientos, siendo que el tratamiento T4 muestra menor presencia de momias de mosquita blanca.

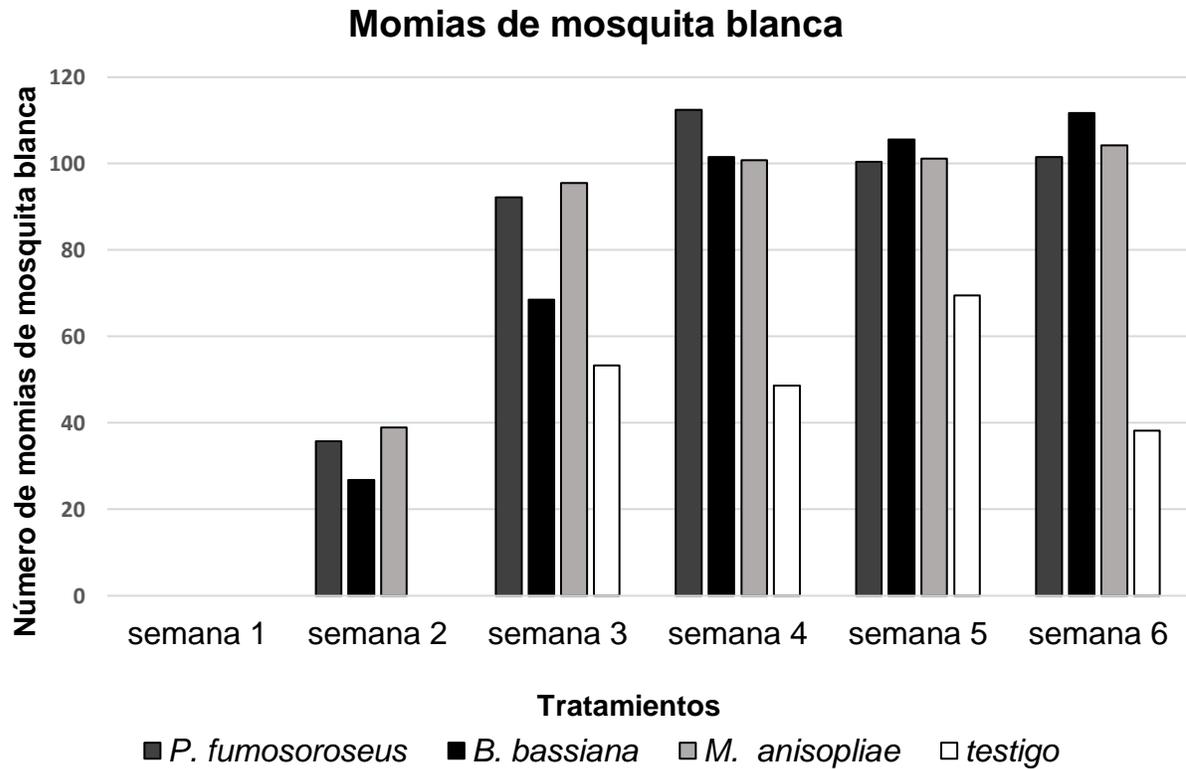


Gráfico 19. Número de momias de mosquita blanca promedio durante seis semanas.

De acuerdo con la prueba de Tukey el número de momias de picudo presentaron diferencias estadísticas para el T1 un promedio de 101.5, T2 111.7, T3 104.2 y el T4 con menor incidencia con un número de 38.2 momias mosquita blanca.

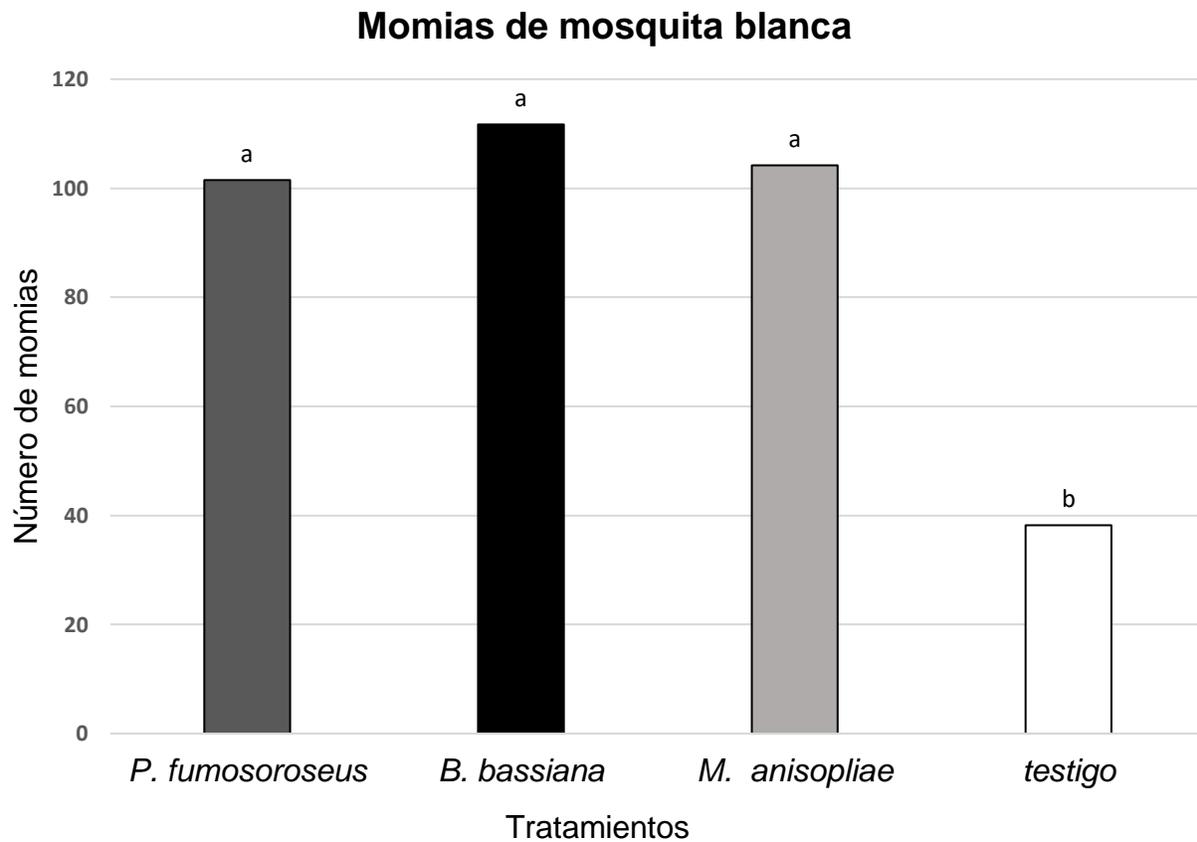


Gráfico 20. Medias de tratamiento de presencia de momias de mosquita blanca.

#### 4.12 Pulgón

En el siguiente gráfico se muestran diferencias estadísticas entre tratamientos, siendo que en el tratamiento 4 hay más presencia de pulgón y el tratamiento T2 es el que menor es la presencia de este.

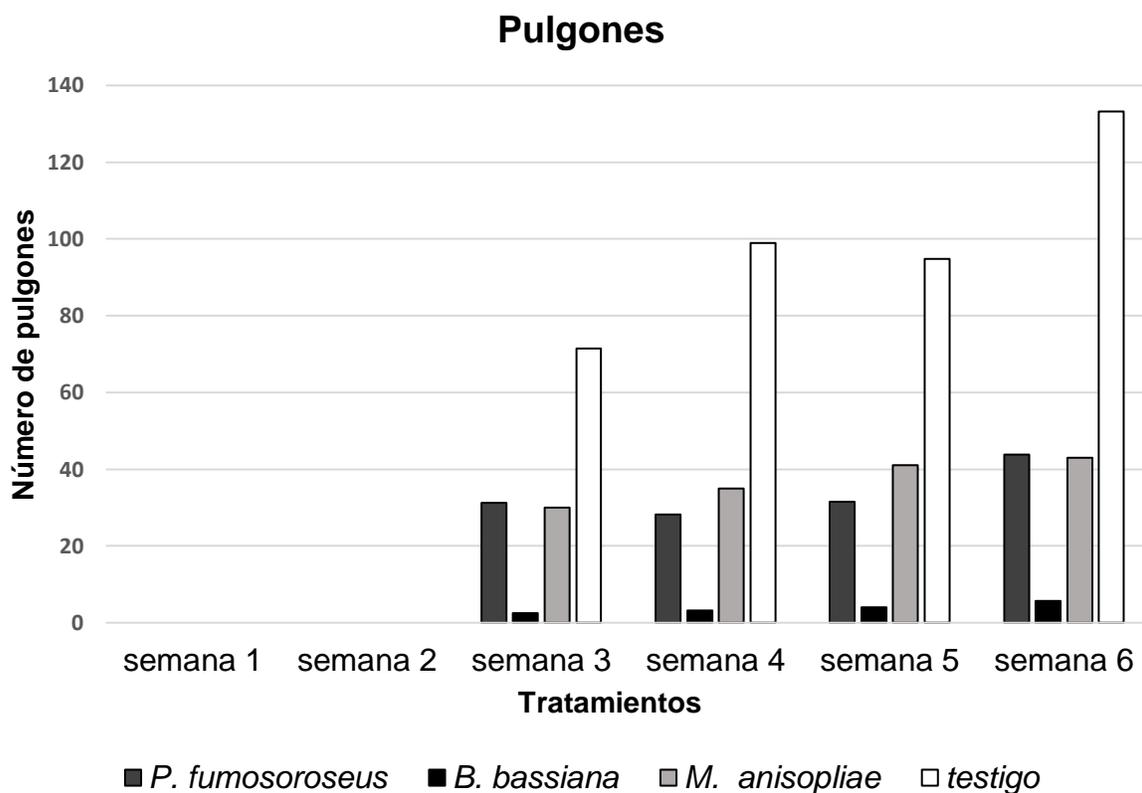


Gráfico 21. Número de pulgón promedio durante seis semanas.

Según la prueba estadística de Tukey en el número de Pulgón se presentaron diferencias estadísticas entre los tratamientos. En el gráfico 10 se observan los valores para los tratamientos mostrando el T2 hubo menos incidencia de pulgón lo que quiere decir que el tratamiento de *Baeuveria bassiana* mantuvo en control la plaga.

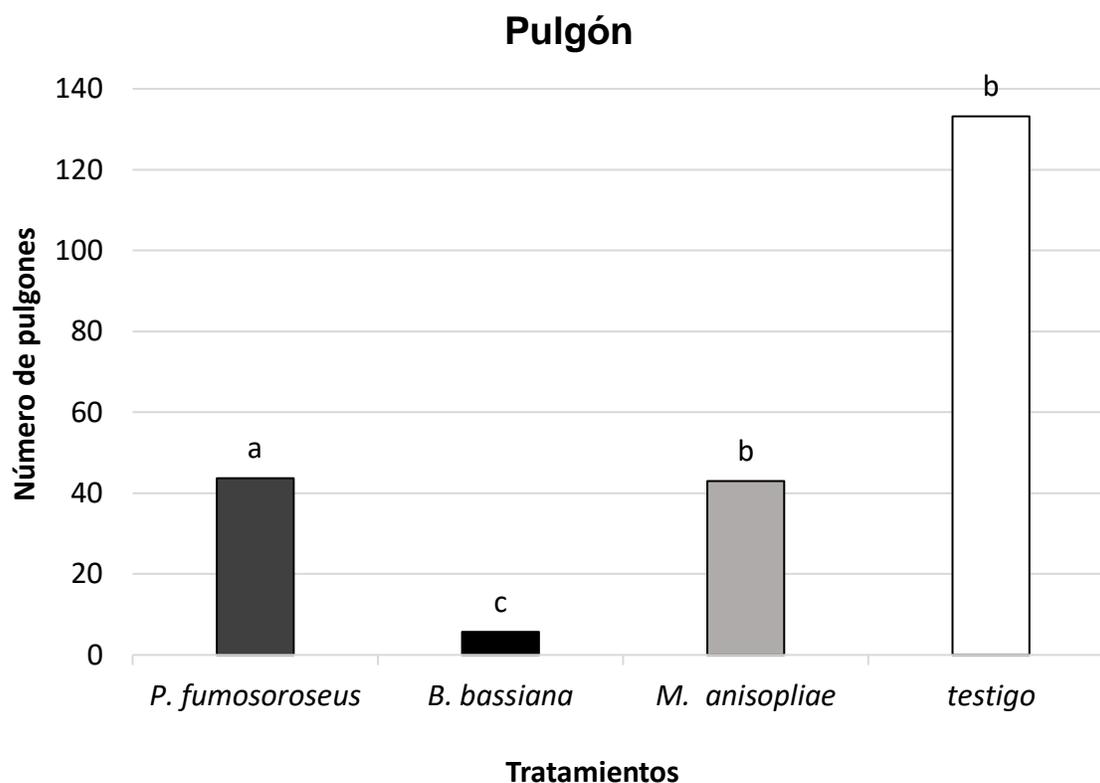


Gráfico 22. Medias de tratamiento de presencia de pulgón.

### 4.13 Momias de Pulgón

En el siguiente grafico se muestran datos de momias de mosquita blanca que fueron tomados durante seis semanas, el cual se muestran diferencias estadísticas entre tratamientos, siendo que el tratamiento T3 hay mayor presencia de momias y el tratamiento T4 menor presencia de estas.

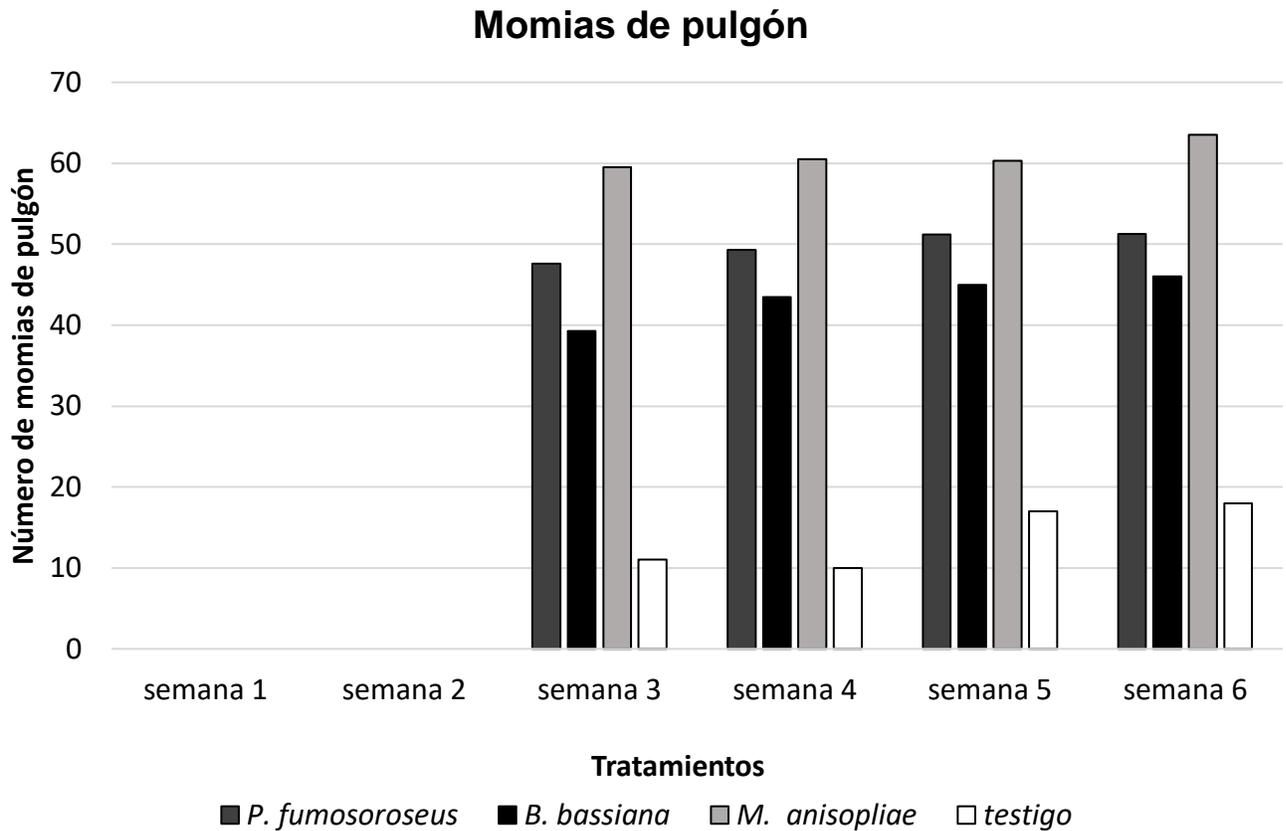


Gráfico 23. Número de momias de pulgón promedio durante seis semanas.

Según la prueba estadística de Tukey hubo diferencias estadísticas la de mayor presencia de momias de mosquita blanca con 63.5.

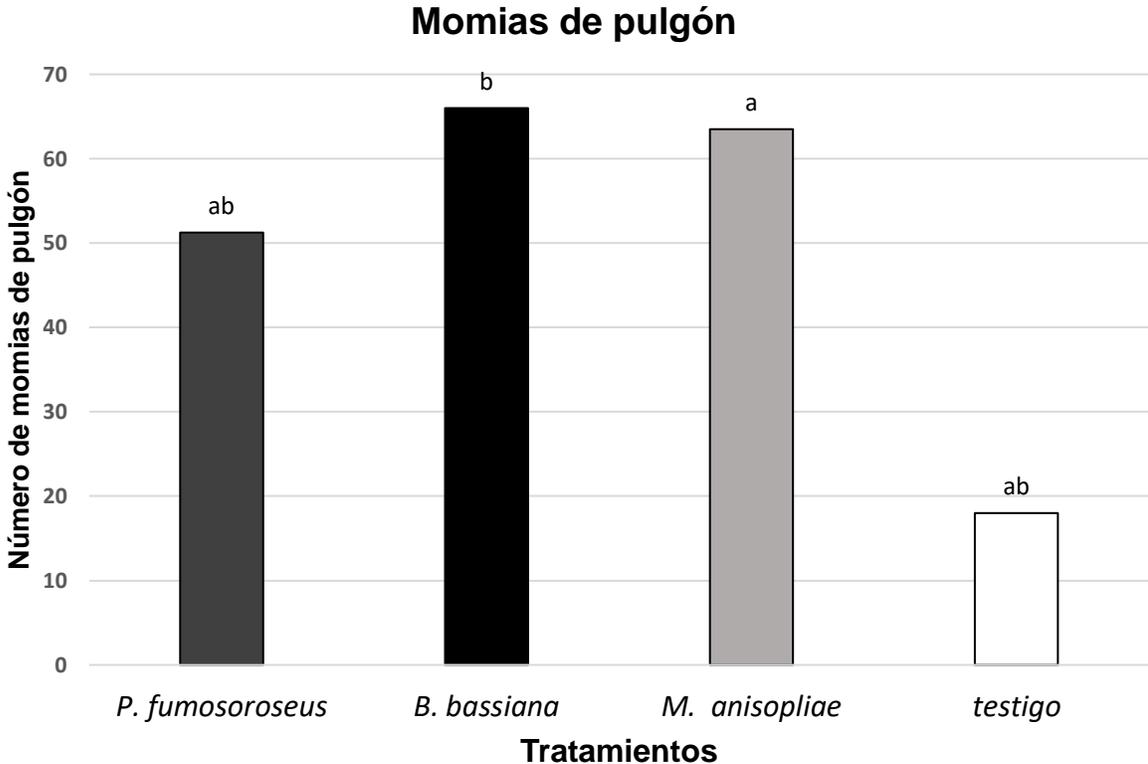


Gráfico 24. Medias de tratamiento de presencia de momias de pulgón.

#### 4.15 Persistencia de los entomopatógenos

En el gráfico 25 se muestra los diferentes tiempos de persistencia de los hongos entomopatógenos evaluados. *Beauveria bassiana* presentó una mejor persistencia de 25 días posteriores a su aplicación, a diferencia de *Metarhizium anisopliae* quien presentó una persistencia de 22 días y *Paecilomyces fumosoroseus* de 18 días, bajo condiciones de invernadero. La temperatura promedio del invernadero fue de 28 °C durante los meses de septiembre-noviembre de 2023.

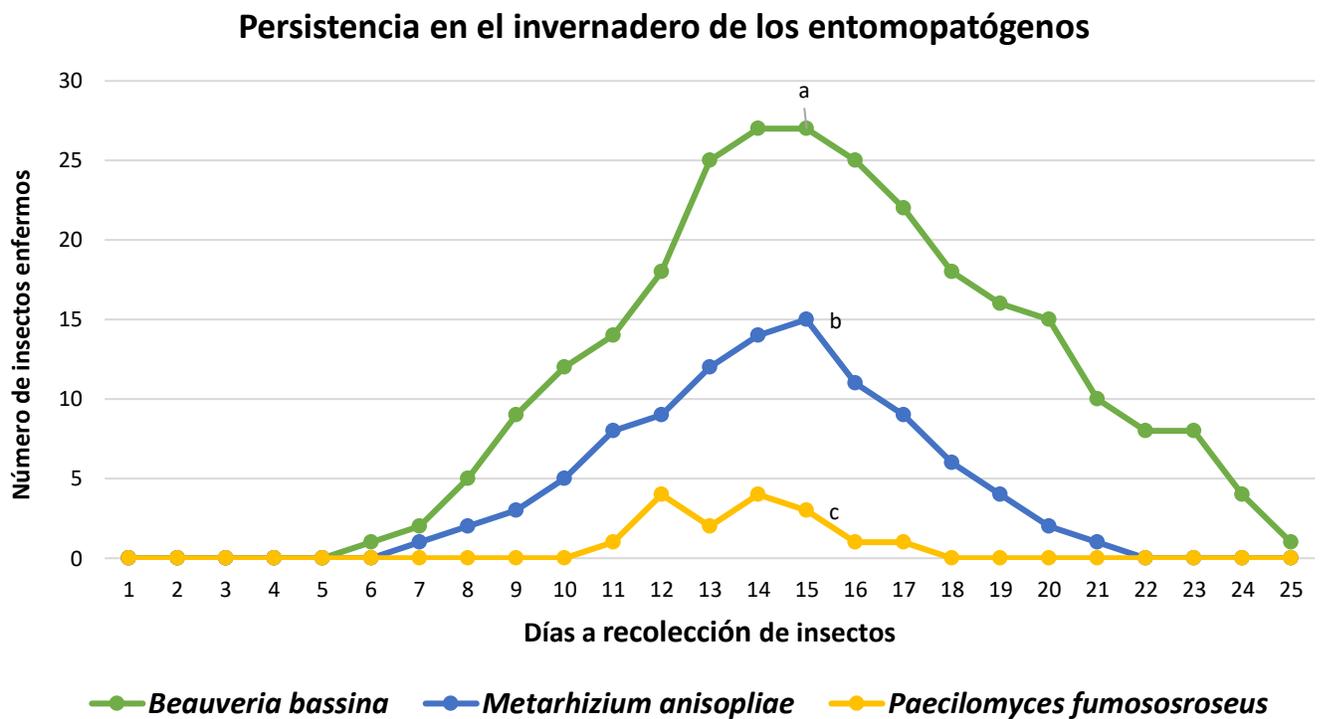


Gráfico 25. Persistencia de hongos en invernadero obtenida a 25 días.

#### 4.16 Discusión

*Anthonomus eugenii* (Coleoptera: Curculionidae) es plaga de importancia económica de las diferentes variedades de chile en México, fue descrito por primera vez en México por Cano y Alcacio (1894), a partir de especímenes colectados en Guanajuato y el centro de México, posteriormente fue reportado en Estados Unidos por Walker (1905). En el país, los picudos causan pérdidas económicas estimadas entre 70 y 80 millones de dólares cada año (Rodríguez-Leyva *et al.*, 2012).

Las poblaciones del picudo se controlan de manera frecuente con aplicaciones de insecticidas químicos y prácticas culturales; sin embargo, existen reportes de resistencia a algunos productos que se usan para su control (Gastélum-Luque *et al.*, 2009; Avendaño *et al.*, 2015). Se han utilizado carbamatos; oxamil, carbaril, metomil, organofosforados; malatión y clorpirifos, neonicotinoides; tiametoxan, piretroides; cyflutrin, permetrina, zeta cipermetrina, gama cyhalotrina, así como, tolfenpyrad y diflubenzuron (Avendaño-Meza *et al.*, 2015 Avendaño-Meza, 2017; Fernández *et al.*, 2020), los cuales son aplicados mediante aspersiones aéreas o con equipo terrestre. En referencia al control cultural, se practica la destrucción de la soca de chile, y labores de limpieza en cultivos abandonados, plantas hospederas, y frutos infestados (INIFAP, 2023).

En el ámbito de agentes microbianos, los hongos entomopatógenos *Metarhizium anisopliae* y *Beauveria bassiana* se producen para su uso en el control del picudo y sobre mosquita blanca en cultivos de chile (AGROBIONSA, 2023). Los hongos entomopatógenos son un acierto en la producción de pimiento, ya que estos pueden ejercer un control de plagas tales como el picudo del pimiento, según lo reportado por Mejía-López y Martínez-Scott (2016).

En México y en otros países no existe información reciente del manejo del picudo del chile, en chile serrano, la mayoría de las investigaciones son sobre pimientos, donde se evalúan hongos entomopatógenos y existen algunos artículos de hongos entomopatógenos con chile serrano presentados del 1997 al 2008, siendo esta un área

de oportunidad para poder exponer los resultados presentados, aunque también, las poblaciones de picudo de Chile no han sido representativas, ya que la presencia de la plaga durante el desarrollo de la investigación fueron densidades muy bajas, esto quizás se deba a la estación del año en la que se estableció el cultivo.

Los picudos son insectos de metamorfosis completa, lo que quiere decir que pasan por los estadios de desarrollo de huevo, larva, pupa y adulto. Este insecto requiere forzosamente de una planta hospedera para completar su ciclo de vida, ya que la fase de crecimiento de la larva y desarrollo de la pupa ocurre dentro de los frutos. El adulto vive fuera del fruto, días después de emerger se aparean y las hembras buscan frutos o botones florales donde poner sus huevos e iniciar la siguiente generación de picudos. La duración del ciclo biológico del picudo del Chile (*A. eugenii*) y el número de generaciones anuales depende principalmente de la disponibilidad de hospederas y de la temperatura. En términos generales, se puede decir que el ciclo dura alrededor de tres semanas desde la oviposición hasta la emergencia de los adultos. La temperatura para que pueda desarrollarse es de 22-30 °C, por lo que es recomendable tener las condiciones para que se desarrolle y una humedad relativa de 60%.

Sin embargo, su comportamiento en esta investigación fue diferente, ya que la humedad del invernadero afectó su apareamiento, ya que en ciertas semanas de septiembre se presentaron mayores densidades en comparación con los meses de noviembre, donde prácticamente las poblaciones disminuyeron.

El picudo del Chile tiene algunas particularidades en su biología que lo convierten en el problema número uno en este cultivo cuando comienza la floración. Además del hecho de que las larvas se desarrollan dentro del fruto, otros parámetros biológicos como alta fecundidad, capacidad de sobrevivencia incluso sin alimentación, capacidad de vuelo, largo periodo de oviposición, y capacidad de alimentarse de hospederas alternas, hacen al picudo una plaga difícil de controlar.

La longevidad de los adultos en condiciones de laboratorio ha sido de hasta 90 días y algunos autores señalan que sin alimento puede sobrevivir hasta 3 semanas a temperaturas entre 4.4 °C y 6.6 °C (Torres-Ruiz y Rodríguez-Leyva, 2012).

## CAPITULO V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

### 5.1 Conclusiones

Los hongos entomopatógenos pueden ser un acierto en la producción de chile serrano y control de *Anthonomus eugenii*, los picudos requieren de un tiempo de 10-12 días para poder ser colonizados con *Beauveria bassiana* ya que con los otros entomopatógenos *Metarhizium anisopliae* y *Paecilomyces fumosoroseus* no se pudo lograr una colonización como se esperaba.

También, se observó que otras plagas fueron susceptibles a los hongos como mosquita blanca (*Beauveria* y *Paecilomyces*) y pulgón (solo presentó melanización, es decir, cambio de color), aunque esta última en menor escala. Los gusanos del fruto si mostraron colonización por *Metarhizium anisopliae*.

El hongo que presento más eficiencia para el control de *Anthonomus eugenii* fue *Beauveria bassiana* ya que este obtuvo mayor colonización y fue el mejor para su control. También fue uno de los hongos que presento mayor persistencia en invernadero junto con *Metarhizium anisopliae*.

### 5.2 Recomendaciones

Cuando se manejan entomopatógenos, se requiere que las aplicaciones sean por la tarde para que el hongo tenga las temperaturas óptimas para su penetración y germinación dentro del hospedante. Esto debido a que se pudo observar que las conidias de los hongos benéficos no fueron tan efectivas cuando las aplicaciones se realizaron en la mañana en comparación con las que se aplicaron durante la tarde, además se pudo observar que la viabilidad de ellas fue mayor y su persistencia de igual forma cuando el hongo ya estaba establecido en el insecto.

Es preciso si se requiere seguir evaluando estas cepas que se pueda hacer no solo en laboratorio, sino también en macetas para tener una mayor cantidad de datos, porque a veces las condiciones cambian y en un lado se comportan de una misma forma y bajo diferentes condiciones es de forma totalmente diferente a la esperada.

## CAPÍTULO VI. BIBLIOGRAFÍA CITADA

- AGROBIONSA, 2023. Bionsecticidas. [En línea]. Disponible en: <https://agrobionsa.com/producto/meta-sin/> [Último acceso: 30 agosto 2023].
- Aguirre-Mancilla, C. L., De La Fuente, G. I., Ramírez-Pimentel, J. G., Covarrubias-Prieto, J. G., Chablé-Moreno, F., & Raya-Pérez, J. C. (2017). El chile (*C. annuum* L.), cultivo y producción de semilla. *Cienc. Tecnol. Agropec. Méx*, 5, 19-27.
- Anthonomus eugenii* Cano (Coleoptera: Curculionidae). Revista chilena de entomología, 46(2), 211-219. <https://dx.doi.org/10.35249/rche.46.2.20.12>.
- Arambarri, A. M., Novoa, M. C., Bayon, N. D., Hernández, M. P., Colares, M. N., & Monti, C. (2011). Ecoanatomía foliar de árboles y arbustos de los distritos chaqueños occidental y serrano (Argentina). *Boletín de la Sociedad Argentina de Botánica*, 46(3-4), 251-270.
- Araujo, E., & Henrique, E. (2009). Hongos entomopatógenos: importante herramienta para el control de "moscas blancas" (Homoptera: Aleyrodidae). *Anais de Academia Pernambucana de Ciencia Agronómica*, 5(6), 34.
- Avendaño-Meza, F. (2017). Efectividad biológica de insecticidas para el manejo de la resistencia del picudo del chile. *CIBA Revista Iberoamericana De Las Ciencias Biológicas y Agropecuarias*, 6(11), 23-38. <https://doi.org/10.23913/ciba.v6i11.6>.
- Avendaño-Meza, F., Parra-Terraza, S., Corrales-Madrid, J., y Sánchez-Peña, P. (2015). Resistencia a insecticidas en tres poblaciones de picudo del chile (*Anthonomus eugenii* Cano) en el estado de Sinaloa, México. *Fitosanidad*, 19(3), 193-199.
- Barajas Ontiveros, C. G., Morales Romano, M. D., del Pozo Núñez, E. M., Rodríguez Aguilar, M. D., & Núñez López, J. J. (2009). Condiciones para el desarrollo de

*Beauveria bassiana* y *Metarhizium anisopliae* para el control biológico de chapulín frijolero. *Alimentos*, 3(1), 33-38.

Barrales, J. C. (2010). Comparación de la respuesta fisiológica en plantas de Chile bajo el efecto de tres temperaturas nocturnas. *Facultad de agronomía.*, 7-11.

Bautista-Hernández, C. F., Cibrián-Tovar, J., Velázquez-González, J.C., y Rodríguez-Guzmán, M. Del Pilar. (2020). Evaluación en campo de atrayentes para la captura de

Cano, y Alcacio, D. (1894). El Barrenillo. *La Naturaleza*, 2(2), 377-379.

Cañedo, V., & Ames, T. (2004). Manejo de hongos entomopatógenos. Lima: Centro internacional de la papa.

Chew Madinaveitia, Y. L., Vega Piña, A., Palomo Rodríguez, M., & Jiménez Díaz, F. (2008). Principales enfermedades del Chile (*Capsicum annuum* L.). Folleto Técnico Núm. 15, Instituto Nacional de Investigaciones Forestales Agrícolas y Pecuarias, Campo experimental la Laguna, Matamoros, Coahuila, México.

Chiriboga, H. P., Gómez, G., & garcés, K. (2015). *Beauveria bassiana*, hongo entomopatógeno para el control biológico de hormigas cortadoras. Protocolos para la formulación y aplicación de bioinsumos. Paraguay: Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura.

Corrales, M. (2015). El picudo del Chile, su comportamiento. *Agro Excelencia*, 1, 7-9.

Cortéz Moncada, E., & Pérez Márquez, J. (2022). *Picudo del Chile Anthonomus eugenii* Cano en Sinaloa. Sinaloa: Centro de investigación Regional Noreste Campo Experimental Valle de Culiacán.

Cortez-Moncada, E., y Pérez-Márquez, E. (2022). El picudo del Chile *Anthonomus eugenii* Cano en Sinaloa. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales Agrícolas y Pecuarias (Folleto técnico No. 48), 63.

- Cruz Choappa, R., & Vieille, P. (2020). El género *Paecilomyces bainier*. *Revista chilena de Infectología*, 37(3), 263-264.
- Escamilla Barragán, F., Bautista García, Y., Nava Galicia, S. B., & Bibbins Martínez, M. (Septiembre de 2022). Los hongos entomopatógenos aliados de la agricultura sustentable en el control de plagas. Instituto Técnológico del Antiplano de Tlaxcala, Tlaxcala.
- Estrada Martínez, M. E. (2019). Utilización de hongos entomopatógenos para el control biológico de artrópodos plagas agrícolas. *Revista Científica Agroecosistemas.*, 7(1), 134-139.
- Fernández, D., VanLaerhoven, S., McCreary, C., y Labbé, M. (2020). An overview of the Pepper Weevil (Coleoptera: Curculionidae) as a pest of greenhouse peppers. *Journal of Integrated Pest Management*, 11(1:26), 1-11. <https://doi.org/10.1093/jipm/pmaa029>.
- Flores Medrano, I. P. (2023). Clasificación de las enfermedades fúngicas del follaje en chile serrano (*Capsicum annuum* L.) Con Dep Learning. Tesis de Licenciatura. Instituto Tecnológico Superior de Salvatierra. Disponible en: <https://rinacional.tecnm.mx/bitstream/TecNM/6208/1/AG18110107%20IVETH%20PAOLA%20FLORES%20MEDRANO.pdf>.
- FUNICA. (2010). Producción y uso de hongos entomopatógenos. 63.
- García, M. A. G., García, S. C., Gordillo, J. M. L., & Martínez, R. F. M. (2011). Aislamiento y caracterización morfológica de los hongos entomopatógenos *Beauveria bassiana* y *Metarhizium anisopliae*. *Horizonte Sanitario*, 10(2), 21-28.
- Gastélum, L.R., M. López, T, Godoy., y Avendaño, F. (2009). Estrategias para el manejo del picudo o barrenillo del chile», Jornada para el manejo de plagas y enfermedades de impacto en la horticultura. Memoria de capacitación. Fundación Produce Sinaloa.

- Gualsaqui Panamá, J. G. (2022). Evaluación del hongo entomopatógeno *Beauveria bassiana* en los cuatro estadios de desarrollo de la mosca blanca (*Bemisia tabaci*) en la Granja Experimental La Pradera (Bachelor's thesis).
- Guamantaqui Cruz, E. G. (2024). Identificación morfológica y molecular de la cepa nativa de (*Metarhizium* spp) 2023-2024 (Bachelor's thesis, Ecuador: Latacunga: Universidad Técnica de Cotopaxi (UTC).
- Guijón, L. C. (2001). Estudio regional de las enfermedades del chile y su comportamiento en el sur de Chihuahua. México: Revista Mexica de Fitopatología.
- Hernández Aguirre, E., & Muñoz Ocotero, V. (2015). El chile como alimento. Revista digital Ciencia Número de Julio-Septiembre 2015, de 16-23p. Disponible en: [https://amc.edu.mx/revistaciencia/images/revista/66\\_3/PDF/Chile.pdf](https://amc.edu.mx/revistaciencia/images/revista/66_3/PDF/Chile.pdf).
- Hernández Trejo, A., Estrada drouaillet, B., Rodríguez herrera, R., García guijón, J. M., Patiño Arellano, S. A., & Osorio Hernández, E. (16 de mayo de 2019). Importancia del control biológico de plagas en maíz (*Zea mays* L.). Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas, 10(4), 11.
- INEGI. (2021). Aspectos geográficos. Obtenido de Recuperado de: <https://inegi.orn.mx/default.html>.
- INIFAP, 2023. Medidas para el manejo del picudo del chile. [En línea]. Disponible en: <https://www.gob.mx/inifap/articulos/medidas-para-el-manejo-del-picudo-delchile> [Último acceso: 30 agosto 2023].
- INIFAP. (2001). Guía para la asistencia técnica agrícola área de influencia del campo experimental Ébano. México: SAGARPA.
- INIFAP. (2002). Manejo integrado de plagas del chile en la Planicie Huasteca. Folleto técnico No, 10, Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias, Centro de investigaciones regional del Noreste Campo Experimental Ébano, San Luis Potosí.

- INTAGRI. (2020). Cultivo de chile en México. serie hortalizas, Núm. 21. Artículos técnicos de INTAGRI., 6 p.
- Mejía López, Adán y Martínez-Scott, Marcia Maribel. (2014). Aislamiento de hongos entomopatógenos para el control de plagas agrícolas y la sustentabilidad de sistemas protegidos. Revista Ide@s 2014.
- Miranda Molina, F. D. (2020). Cambios fisiológicos, daños por frío, perfil químico y extracción de capsaicinoides de frutos de chile serrano (*Capsicum annuum* L.) durante su desarrollo y en postcosecha. Requisito parcial para obtener el título de doctor en ciencias agroalimentarias, Universidad Autónoma de Chapingo, departamento de ingeniería agroindustrial, Chapingo.
- Motta-Delgado, P. A., & Murcia-Ordoñez, B. (2011). Hongos entomopatógenos como alternativa para el control biológico de plagas. Ambiente y agua - An Interdisciplinary Journal of Applied Science, 6(2), 15.
- Ojeda-Chi, M. M., Rodríguez-Vivas, R. I., Galindo-Velasco, E., Lezama-Gutiérrez, R., & Cruz-Vázquez, C. (2011). Control de *Rhipicephalus microplus* (Acari: Ixodidae) mediante el uso del hongo entomopatógeno *Metarhizium anisopliae* (Hypocreales: Clavicipitaceae): Revisión. Revista mexicana de ciencias pecuarias, 2(2), 177-192.
- Panorama Agropecuario. (2018). Guía de manejo del chile. 4-17. Disponible en: [https://panorama-agro.com/?page\\_id=2321#google\\_vignette](https://panorama-agro.com/?page_id=2321#google_vignette).
- Pérez Morales, C. (2012). Control biológico de mosquita blanca (*Bemisia tabaci*, gennadius 1985) en el cultivo de chile jalapeño (*Capsicum annuum* L.). Requisito parcial para obtener el título de Ingeniero en Agroecología, Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, Torreón.
- Ramírez Vergara, J. J. (2020). Importancia del hongo entomopatógeno *Beauveria bassiana* en el control de insectos plaga en cultivos de hortalizas en la provincia de Los Ríos (Bachelor's thesis, BABAHOYO: UTB, 2020).

- Ramírez, H. G., Granja, A. Z., Aguila, E. T., & Cantoral, M. T. (2014). Manual de producción y uso de hongos entomopatógenos. Laboratorio de entomopatógenos SCB-SENASA.
- Reyes, C. (2018). Enfermedades del cultivo de chile. Panorama Agro. Revista de agricultura., 7-14. Disponible en: <https://panorama-agro.com/?p=3078>.
- Ríos, A. M., & Gamboa, J. A. A. (2014). Productividad del cultivo de chile jalapeño (*Capsicum annuum* L.) con manejo orgánico o convencional en Calakmul, Campeche, México. Avances en investigación agropecuaria, 18(3), 35-40.
- Rodríguez-Leyva, E., Lomelí-Flores, J. R., Valdez-Carrasco, J .M., Jones, R. W. y Stansly, P.A. (2012). New Records of species and locations of parasitoids of the pepper weevil in Mexico. Southwestern Entomologist, 37(1), 73-83.
- Romero Hernández, M. M. (2016). Evaluación agronómica de eco tipos de chile serrano en la sierra norte de Puebla. Benemérita universidad Autónoma de Puebla, Facultad de ingeniería Agro hidráulica. Puebla: vicerrectoría de investigación y estudios de posgrado.
- Rubio Aragón, W. A. (2020). detección de resistencia a *Anthonomus eugenii* en genotipos silvestres y criollos de *Capsicum* spp. de México. Que, para obtener el grado de maestro en ciencias agropecuarias, Universidad Autónoma de Sinaloa, Facultad de agronomía, Sinaloa.
- SENASICA. (2018). *Spodoptera exigua* (Hübner 1808) (Lepidoptera: Noctuidae). Ficha técnica, México.
- Sepúlveda, M. E. (2018). Hongos entomopatógenos. Tecnología limpia para el control de plagas y enfermedades. BIOINIA.
- SIAP. (2023). Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera. Recuperado el 2 de marzo de 2023, de <https://www.gob.mx/siap/acciones-y-programas/datos-abiertos-35224>.

- Téllez-Jurado, A., Cruz Ramírez, M. G., Mercado Flores, Y., Asaff Torres, A., & Arana-Cuenca, A. (2009). Mecanismos de acción y respuesta en la relación de hongos entomopatógenos e insectos. Universidad Politécnica de Pachuca. Pachuca: Revista Mexicana de Micología.
- Toapanta, M. A. (2001). Population ecology, life history, and biological control of the pepper weevil, *Anthonomus eugenii* Cano (Coleoptera: Curculionidae) (Doctoral dissertation, University of Florida).
- Torres-Ruíz, A., & Rodríguez-Leiva, E. (2019). Picudo del chile. Guía para el manejo de integrado de plagas del pimiento bajo invernadero, con énfasis en el picudo del chile., 46p. ISBN: 978-607-95939-1-9.
- Vásquez-Vargas, A. M. (2020). Diseño de un sistema de riego y fertirriego por goteo para chile dulce (*Capsicum annuum*) y para un área experimental de chayote (*Sechium edule*) en Santiago, Paraíso, Cartago.
- Velásquez-Valle, R., Reveles-Torres, L. A., & Reveles-Hernández, M. (2013). Manejo de las principales enfermedades del chile para secado en el norte centro de México. Folleto técnico número 50., 65.
- Villacide, J., & Masciocchi, M. (2014). Pulgones. serie de divulgación sobre insectos de importancia ecológica, económica y sanitaria, 7. Anónimo. (2018). Guía del chile. Revista de Agricultura Panorama Agro.com [Consulta 14 de octubre de 2023] [En línea] Disponible en: [https://panorama-agro.com/?page\\_id=2321](https://panorama-agro.com/?page_id=2321).
- Walker, C. (1905). The pepper weevil (*Anthonomus aenotinctus* Champ.). Miscellaneous results of the Bureau of Entomology VIII. USD A. Bur. Entomol. Bull. 54, 43-48.

# ANEXOS

## Anexo 1. Análisis estadísticos.

Sistema SAS 10:40 Monday May 15, 2024

Obs	Tra	Rep	alp	dip	die	chp	Nof	nop	mpi	mob	mom	pul	mop	pet	nfrt
1	1	1	70	1.03	6.1	2	79	50.7	76	68	93	54	67	963	169
2	1	2	72	1.05	7.0	2	97	54.3	80	70	97	53	66	3578	526
3	1	3	72	1.67	6.9	1	66	34.0	60	99	122	44	60	2745	439
4	1	4	68	1.24	7.4	1	84	45.5	56	67	94	24	12	982	165
5	2	1	71	1.15	7.6	3	101	28.2	35	64	97	3	15	816	141
6	2	2	73	1.09	6.7	3	98	30.0	70	86	110	4	29	2956	354
7	2	3	72	1.08	6.8	3	97	25.0	56	101	127	6	16	3440	589
8	2	4	73	1.02	6.6	2	107	38.2	66	78	113	10	33	2344	404
9	3	1	74	1.08	7.3	2	76	26.2	32	94	121	29	50	2201	384
10	3	2	74	1.04	7.2	2	97	29.9	44	68	104	55	78	860	166
11	3	3	70	1.21	7.9	2	83	50.7	58	83	116	55	77	2807	441
12	3	4	71	1.14	8.2	2	65	42.3	61	62	76	33	49	3852	883
13	4	1	58	1.00	7.4	8	25	115.0	15	186	44	150	49	3005	448
14	4	2	54	1.02	7.3	6	54	100.0	36	158	36	120	34	528	85
15	4	3	53	1.01	6.8	5	39	120.0	25	190	45	163	41	230	54
16	4	4	56	1.02	7.3	3	61	98.0	22	115	28	100	35	509	68

Procedimiento ANOVA

Información de nivel de clase

Clase	Niveles	Valores
Tra	4	1 2 3 4
Rep	4	1 2 3 4

Número de observaciones leídas 16  
Número de observaciones usadas 16

Procedimiento ANOVA

Variable dependiente: alp

Fuente	DF	Suma de cuadrados	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
Modelo	3	816.6875000	272.2291667	79.19	<.0001
Error	12	41.2500000	3.4375000		
Total, corregido	15	857.9375000			

R-cuadrado	Coef Var	Raíz MSE	alp Media
0.951920	2.744199	1.854050	67.56250

Fuente	DF	Cuadrado de Anova SS	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
Tra	3	816.6875000	272.2291667	79.19	<.0001

Procedimiento ANOVA

Variable dependiente: dip

Fuente	DF	Suma de cuadrados	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
Modelo	3	0.11586875	0.03862292	1.60	0.2417
Error	12	0.29012500	0.02417708		
Total, corregido	15	0.40599375			

R-cuadrado	Coef Var	Raíz MSE	dip Media
0.285395	13.93746	0.155490	1.115625

Fuente	DF	Cuadrado de Anova SS	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
Tra	3	0.11586875	0.03862292	1.60	0.2417

Procedimiento ANOVA

Variable dependiente: die

Fuente	DF	Suma de cuadrados	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
Modelo	3	1.57187500	0.52395833	2.59	0.1013
Error	12	2.42750000	0.20229167		
Total, corregido	15	3.99937500			

R-cuadrado	Coef Var	Raíz MSE	die Media
0.393030	6.284974	0.449768	7.156250

Fuente	DF	Cuadrado de Anova SS	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
Tra	3	1.57187500	0.52395833	2.59	0.1013

Procedimiento ANOVA

Variable dependiente: chp

Fuente	DF	Suma de cuadrados	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
Modelo	3	38.18750000	12.72916667	10.36	0.0012
Error	12	14.75000000	1.22916667		
Total, corregido	15	52.93750000			

R-cuadrado	Coef Var	Raíz MSE	chp Media
0.721370	37.74223	1.108678	2.937500

Fuente	DF	Cuadrado de Anova SS	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
Tra	3	38.18750000	12.72916667	10.36	0.0012

Procedimiento ANOVA

Variable dependiente: Nof

Fuente	DF	Suma de cuadrados	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
Modelo	3	6539.187500	2179.729167	14.02	0.0003
Error	12	1865.250000	155.437500		
Total, corregido	15	8404.437500			

R-cuadrado	Coef Var	Raíz MSE	Nof Media
0.778064	16.23103	12.46746	76.81250

Fuente	DF	Cuadrado de Anova SS	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
Tra	3	6539.187500	2179.729167	14.02	0.0003

Procedimiento ANOVA

Variable dependiente: nop

Fuente	DF	Suma de cuadrados	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
Modelo	3	15340.50500	5113.50167	57.38	<.0001
Error	12	1069.43500	89.11958		
Total, corregido	15	16409.94000			

R-cuadrado	Coef Var	Raíz MSE	nop Media
0.934830	17.00958	9.440317	55.50000

Fuente	DF	Cuadrado de Anova SS	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
Tra	3	15340.50500	5113.50167	57.38	<.0001

Procedimiento ANOVA

Variable dependiente: mpi

Fuente	DF	Suma de cuadrados	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
Modelo	3	4081.500000	1360.500000	8.51	0.0027
Error	12	1918.500000	159.875000		
Total, corregido	15	6000.000000			

R-cuadrado	Coef Var	Raíz MSE	mpi Media
0.680250	25.54377	12.64417	49.50000

Fuente	DF	Cuadrado de Anova SS	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
Tra	3	4081.500000	1360.500000	8.51	0.0027

Procedimiento ANOVA

Variable dependiente: mob

Fuente	DF	Suma de cuadrados	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
Modelo	3	21219.18750	7073.06250	15.04	0.0002
Error	12	5642.25000	470.18750		
Total corregido	15	26861.43750			

R-cuadrado	Coef Var	Raíz MSE	mob Media
0.789950	21.83392	21.68381	99.31250

Fuente	DF	Cuadrado de Anova SS	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
Tra	3	21219.18750	7073.06250	15.04	0.0002

Procedimiento ANOVA

Variable dependiente: mom

Fuente	DF	Suma de cuadrados	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
Modelo	3	13927.68750	4642.56250	22.93	<.0001
Error	12	2429.25000	202.43750		
Total, corregido	15	16356.93750			

R-cuadrado	Coef Var	Raíz MSE	mom Media
0.851485	15.99781	14.22805	88.93750

Fuente	DF	Cuadrado de Anova SS	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
Tra	3	13927.68750	4642.56250	22.93	<.0001

Procedimiento ANOVA

Variable dependiente: pul

Fuente	DF	Suma de cuadrados	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
Modelo	3	35243.68750	11747.89583	38.73	<.0001
Error	12	3640.25000	303.35417		
Total, corregido	15	38883.93750			

R-cuadrado	Coef Var	Raíz MSE	pul Media
0.906382	30.86080	17.41707	56.43750

Fuente	DF	Cuadrado de Anova SS	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
Tra	3	35243.68750	11747.89583	38.73	<.0001

Procedimiento ANOVA

Variable dependiente: mop

Fuente	DF	Suma de cuadrados	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
Modelo	3	3522.687500	1174.229167	4.32	0.0277
Error	12	3259.250000	271.604167		
Total, corregido	15	6781.937500			

R-cuadrado	Coef Var	Raíz MSE	mop Media
0.519422	37.08673	16.48042	44.43750

Fuente	DF	Cuadrado de Anova SS	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
Tra	3	3522.687500	1174.229167	4.32	0.0277

Procedimiento ANOVA

Variable dependiente: pet

Fuente	DF	Suma de cuadrados	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
Modelo	3	4835220.00	1611740.00	1.03	0.4141
Error	12	18781138.00	1565094.83		
Total, corregido	15	23616358.00			

R-cuadrado	Coef Var	Raíz MSE	pet Media
0.204740	62.91363	1251.038	1988.500

Fuente	DF	Cuadrado de Anova SS	la media	F-Valor	Pr > F
Tra	3	4835220.000	1611740.000	1.03	0.4141

Procedimiento ANOVA

Variable dependiente: nfrt

Fuente	DF	Suma de cuadrados	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
Modelo	3	194370.5000	64790.1667	1.33	0.3105
Error	12	584556.5000	48713.0417		
Total, corregido	15	778927.0000			

R-cuadrado	Coef Var	Raíz MSE	nfrt Media
0.249536	66.42899	220.7103	332.2500

Fuente	DF	Cuadrado de Anova SS	la media	F-Valor	Pr > F
Tra	3	194370.5000	64790.1667	1.33	0.3105

Procedimiento ANOVA

Prueba del rango estudentizado de Tukey (HSD) para alp

NOTE: Este test controla el índice de error experimentwise de tipo I, pero normalmente tiene un índice de error de tipo II más elevado que REGWQ.

Alpha	0.05
Grados de libertad de error	12
Error de cuadrado medio	3.4375
Valor crítico del rango estudentizado	4.19866
Diferencia significativa mínima	3.8923

Medias con la misma letra no son significativamente diferentes.

Tukey Agrupamiento	Media	N	Tra
A	72.250	4	3
A			
A	72.250	4	2
A			
A	70.500	4	1
B	55.250	4	4

Procedimiento ANOVA

Prueba del rango estudentizado de Tukey (HSD) para dip

NOTE: Este test controla el índice de error experimentwise de tipo I, pero normalmente tiene un

índice de error de tipo II más elevado que REGWQ.

Alpha	0.05
Grados de libertad de error	12
Error de cuadrado medio	0.024177
Valor crítico del rango estudentizado	4.19866
Diferencia significativa mínima	0.3264

Medias con la misma letra no son significativamente diferentes.

Tukey Agrupamiento	Media	N	Tra
A	1.2475	4	1
A			
A	1.1175	4	3
A			
A	1.0850	4	2
A			
A	1.0125	4	4

Procedimiento ANOVA

Prueba del rango estudentizado de Tukey (HSD) para die

NOTE: Este test controla el índice de error experimentwise de tipo I, pero normalmente tiene un

índice de error de tipo II más elevado que REGWQ.

Alpha	0.05
Grados de libertad de error	12
Error de cuadrado medio	0.202292
Valor crítico del rango estudentizado	4.19866
Diferencia significativa mínima	0.9442

Medias con la misma letra no son significativamente diferentes.

Tukey Agrupamiento	Media	N	Tra
A	7.6500	4	3
A			
A	7.2000	4	4
A			
A	6.9250	4	2
A			
A	6.8500	4	1

Procedimiento ANOVA

Prueba del rango estudentizado de Tukey (HSD) para chp

NOTE: Este test controla el índice de error experimentwise de tipo I, pero normalmente tiene un

índice de error de tipo II más elevado que REGWQ.

Alpha	0.05
Grados de libertad de error	12
Error de cuadrado medio	1.229167
Valor crítico del rango estudentizado	4.19866
Diferencia significativa mínima	2.3275

Medias con la misma letra no son significativamente diferentes.

Tukey Agrupamiento	Media	N	Tra
A	5.5000	4	4
B	2.7500	4	2
B	2.0000	4	3
B	1.5000	4	1

Procedimiento ANOVA

Prueba del rango estudentizado de Tukey (HSD) para Nof

NOTE: Este test controla el índice de error experimentwise de tipo I, pero normalmente tiene un

índice de error de tipo II más elevado que REGWQ.

Alpha	0.05
Grados de libertad de error	12
Error de cuadrado medio	155.4375
Valor crítico del rango estudentizado	4.19866
Diferencia significativa mínima	26.173

Medias con la misma letra no son significativamente diferentes.

Tukey Agrupamiento	Media	N	Tra
A	100.750	4	2
A			
A	81.500	4	1
A			
A	80.250	4	3
B	44.750	4	4

Procedimiento ANOVA

Prueba del rango estudentizado de Tukey (HSD) para nop

NOTE: Este test controla el índice de error experimentwise de tipo I, pero normalmente tiene un

índice de error de tipo II más elevado que REGWQ.

Alpha	0.05
Grados de libertad de error	12
Error de cuadrado medio	89.11958
Valor crítico del rango estudentizado	4.19866
Diferencia significativa mínima	19.818

Medias con la misma letra no son significativamente diferentes.

Tukey Agrupamiento	Media	N	Tra
A	108.250	4	4
B	46.125	4	1
B	37.275	4	3
B	30.350	4	2

Procedimiento ANOVA

Prueba del rango estudentizado de Tukey (HSD) para mpi

NOTE: Este test controla el índice de error experimentwise de tipo I, pero normalmente tiene un

índice de error de tipo II más elevado que REGWQ.

Alpha	0.05
Grados de libertad de error	12
Error de cuadrado medio	159.875
Valor crítico del rango estudentizado	4.19866
Diferencia significativa mínima	26.544

Medias con la misma letra no son significativamente diferentes.

Tukey Agrupamiento	Media	N	Tra
A	68.000	4	1
A			
A	56.750	4	2
A			
B A	48.750	4	3
B			
B	24.500	4	4

Procedimiento ANOVA

Prueba del rango estudentizado de Tukey (HSD) para mob

NOTE: Este test controla el índice de error experimentwise de tipo I, pero normalmente tiene un

índice de error de tipo II más elevado que REGWQ.

Alpha	0.05
Grados de libertad de error	12
Error de cuadrado medio	470.1875
Valor crítico del rango estudentizado	4.19866
Diferencia significativa mínima	45.521

Medias con la misma letra no son significativamente diferentes.

Tukey Agrupamiento	Media	N	Tra
A	162.25	4	4
B	82.25	4	2
B	76.75	4	3
B			
B	76.00	4	1

Procedimiento ANOVA

Prueba del rango estudentizado de Tukey (HSD) para mom

NOTE: Este test controla el índice de error experimentwise de tipo I, pero normalmente tiene un

índice de error de tipo II más elevado que REGWQ.

Alpha	0.05
Grados de libertad de error	12
Error de cuadrado medio	202.4375
Valor crítico del rango estudentizado	4.19866
Diferencia significativa mínima	29.869

Medias con la misma letra no son significativamente diferentes.

Tukey Agrupamiento	Media	N	Tra
A	111.75	4	2
A			
A	104.25	4	3
A			
A	101.50	4	1
B	38.25	4	4

Prueba del rango estudentizado de Tukey (HSD) para pul

NOTE: Este test controla el índice de error experimentwise de tipo I, pero normalmente tiene un

índice de error de tipo II más elevado que REGWQ.

Alpha	0.05
Grados de libertad de error	12
Error de cuadrado medio	303.3542
Valor crítico del rango estudentizado	4.19866
Diferencia significativa mínima	36.564

Medias con la misma letra no son significativamente diferentes.

Tukey Agrupamiento	Media	N	Tra
A	133.25	4	4
B	43.75	4	1
B	43.00	4	3
C	5.75	4	2

Prueba del rango estudentizado de Tukey (HSD) para mop

NOTE: Este test controla el índice de error experimentwise de tipo I, pero normalmente tiene un

índice de error de tipo II más elevado que REGWQ.

Alpha	0.05
Grados de libertad de error	12
Error de cuadrado medio	271.6042
Valor crítico del rango estudentizado	4.19866
Diferencia significativa mínima	34.598

Medias con la misma letra no son significativamente diferentes.

Tukey Agrupamiento	Media	N	Tra
A	63.50	4	3
A			
B A	51.25	4	1
B A			
B A	39.75	4	4
B			
B	23.25	4	2

Procedimiento ANOVA

Prueba del rango estudentizado de Tukey (HSD) para pet

NOTE: Este test controla el índice de error experimentwise de tipo I, pero normalmente tiene un

índice de error de tipo II más elevado que REGWQ.

Alpha	0.05
Grados de libertad de error	12
Error de cuadrado medio	1565095
Valor crítico del rango estudentizado	4.19866
Diferencia significativa mínima	2626.3

Medias con la misma letra no son significativamente diferentes.

Tukey Agrupamiento	Media	N	Tra
A	2430.0	4	3
A			
A	2389.0	4	2
A			
A	2067.0	4	1
A			
A	1068.0	4	4

Procedimiento ANOVA

Prueba del rango estudentizado de Tukey (HSD) para nfrt

NOTE: Este test controla el índice de error experimentwise de tipo I, pero normalmente tiene un

índice de error de tipo II más elevado que REGWQ.

Alpha	0.05
Grados de libertad de error	12
Error de cuadrado medio	48713.04
Valor crítico del rango estudentizado	4.19866
Diferencia significativa mínima	463.34

Medias con la misma letra no son significativamente diferentes.

Tukey Agrupamiento	Media	N	Tra
A	468.5	4	3
A			
A	372.0	4	2
A			
A	324.8	4	1
A			
A	163.8	4	4

## Anexo 2. Siembra directa



Figura 9. Siembra directa.

## Anexo 3. Preparación del medio de cultivo



Figura 10. Preparación del medio de cultivo.

#### **Anexo 4. Siembra de hongos entomopatógenos**



Figura 11. Siembra de hongos entomopatógenos.

#### **Anexo 5. Tutorio del cultivo**



Figura 12. Tutorio del cultivo.

## Anexo 6. Aplicaciones de hongos entomopatógenos al cultivo.



Figura 13. Aplicaciones de hongos entomopatógenos al cultivo.

### Anexo 7. Chiles dañados, presencia de larvas y adultos de picudo.



Figura 14. Chiles dañados, presencia de larvas y adultos de picudo.

### Anexo 8. Cosecha.



Figura 15. Cosecha.