



**TECNOLÓGICO NACIONAL DE MÉXICO
CAMPUS GUASAVE**

INGENIERÍA EN INNOVACIÓN AGRÍCOLA SUSTENTABLE

TESIS

**"ANÁLISIS DE LA EFICIENCIA DE *Aphidius colemani* EN EL CONTROL DE
PULGONES (*Myzus persicae*) EN PIMIENTO BAJO CULTIVO PROTEGIDO"**

***Que presenta:*
CORRALES GARCÍA DIANA MELISA**

***Para obtener el grado de:*
INGENIERO EN INNOVACIÓN AGRÍCOLA SUSTENTABLE**

***Director de tesis:*
ING. AIDÉ HERNÁNDEZ HERNÁNDEZ**

Guasave, Sinaloa. Febrero de 2025.

AGRADECIMIENTOS

En primer lugar, quiero expresar mi más sincero agradecimiento a mis padres, quienes siempre me han brindado su amor incondicional y constante. Gracias por haberme enseñado los valores del esfuerzo, la perseverancia y la importancia de la educación. Por haber depositado su confianza en mí, así como por sus sacrificios a lo largo de los años. Quiero dedicar unas palabras de agradecimiento a mis hermanos, tíos y abuela, quienes han sido una fuente constante de apoyo y amor a lo largo de todo este proceso. Gracias por su paciencia, comprensión y por estar siempre a mi lado, tanto en los momentos más difíciles como en los más felices, su ánimo y sus consejos me han dado la fuerza para seguir adelante.

Quisiera hacer especial mención a la profesora Aidé Hernández Hernández, su capacidad para orientar, motivar y transmitir su experiencia de manera clara y generosa me permitió superar muchos de los desafíos que surgieron durante la investigación. Gracias a su dedicación y esfuerzo, pude crecer no solo como estudiante, sino también como persona. Este logro es también reflejo de su compromiso y su influencia positiva en mi formación, le estoy profundamente agradecida por su apoyo constante, por creer en mí.

Quiero expresar mi más sincero agradecimiento al Ingeniero Manuel Arredondo quien fue un pilar fundamental en el desarrollo de esta tesis. Su apoyo, dedicación y conocimientos técnicos fueron esenciales para poder llevar a cabo este proyecto de manera exitosa. Gracias a su orientación y su confianza en mis capacidades, sus valiosos consejos me impulsaron a seguir adelante en los momentos de duda, brindándome la seguridad necesaria para continuar avanzando. Así mismo, dedico este espacio para expresar mi más sincero agradecimiento a mis amigos Guillermo, Misael y Luis, quienes han sido un pilar fundamental en mi desarrollo tanto profesional como personal a lo largo de este proceso. Agradezco profundamente su apoyo incondicional, su comprensión en los momentos difíciles y su capacidad para brindarme aliento cuando más lo necesite. Cada uno de ustedes, con su presencia y su amistad, ha sido una fuente constante de motivación.

Por último, pero no menos importante, agradezco a Rodrigo quien me impulso a salir adelante en todo momento, quien me acompañó y me apoyo durante mi largo transcurso educativo, le agradezco por todos los años de compañía y amor incondicional.

DEDICATORIA

A mis queridos padres, cuya sabiduría, amor incondicional y apoyo constante han sido el faro que ha iluminado mi camino a lo largo de toda mi vida. Su dedicación, sacrificio y confianza en mí han sido las fuerzas que me han impulsado a superar cada obstáculo y alcanzar esta meta. Sin su constante guía y ejemplo de esfuerzo y perseverancia, este logro no habría sido posible. A ustedes, a quienes me han enseñado el verdadero significado de la fuerza, la resiliencia y la importancia de la educación, les dedico este trabajo.

A mi hermano mayor Marcos, quien con su carácter y personalidad formó en mí un ser con firmeza, perseverancia y compromiso, mi ejemplo a seguir.

A mis hermanos menores Luis y Liz, quienes me apoyaron incondicionalmente.

Con todo mi amor.

RESUMEN

Una de las estrategias que actualmente se han estado implementando en el control de plagas es el control biológico, el cual emplea diversos agentes naturales como depredadores, parasitoides, nematodos, entre otros. Esto con el fin de buscar nuevas alternativas sostenibles que ayuden con el cuidado del medio ambiente ya que hoy en día la contaminación producida por productos químicos ha aumentado considerablemente durante los últimos años. Uno de los insectos con mayor implementación en el control de *Myzus persicae* es la avispa parasitoide *Aphidius colemani*, esta es una avispa parasitoide muy pequeña que tiene un ciclo de vida aproximado de 15 días dependiendo las condiciones en las que se encuentre, cuenta con sensores para la localización de individuos de pulgón y suele seleccionar a sus hospedantes, prefiriendo las ninfas en estado más inmaduro. Tiene una buena eficiencia en el parasitismo de ninfas de pulgón, sin embargo, el control mediante este insecto debe de llevarse con anticipación a la aparición de la plaga a combatir ya que, a pesar de presentar buenos resultados en el parasitismo, este puede llegar a ser lento. En el presente trabajo se evaluó la eficiencia de *Aphidius colemani* como agente de control biológico sobre el pulgón *Myzus persicae*, el estudio se llevó a cabo durante los meses noviembre-diciembre del año 2024 y enero del año de 2025 en Agrícola Savannah S.A. de C.V. ubicada en el poblado de Estación Bamoá, se estableció el proyecto en una malla sombra de 4.7 hectáreas donde se aplicaron los tratamientos liberación directa del parasitoide (LD) y sin liberación (SL) con una dosis de 5000 momias parasitadas por hectárea. Se utilizó un diseño de bloques completamente al azar con 5 repeticiones, la comparación de tratamientos arrojó que no existe diferencia significativa entre ambos tratamientos.

Palabras claves: parasitoide, momias, individuos, avispa, incidencia, polines, monitoreos.

SUMMARY

One of the strategies currently being implemented in pest control is biological control, which employs various natural agents such as predators, parasitoids, nematodes, among others. This in order to look for new sustainable alternatives that help with the care of the environment, since nowadays the contamination produced by chemical products has increased considerably during the last years. One of the insects with greater implementation in the control of *Myzus persicae* is the parasitoid wasp *Aphidius colemani*, this is a very small parasitoid wasp that has a life cycle of approximately 15 days depending on the conditions in which it is found, has sensors for locating aphid individuals and usually selects its hosts, preferring the nymphs in the most immature stage. It has a good efficiency in the parasitism of aphid nymphs, however, control by this insect should be carried out in advance of the appearance of the pest to be combated, since, in spite of presenting good results in parasitism, this can be slow. In the present work the efficiency of *Aphidius colemani* as a biological control agent on the aphid *Myzus persicae* was evaluated, the study was carried out during the months of November-December 2024 and January 2025 in Agrícola Savannah S.A. de C.V. located in the town of Estación Bamoa, the project was established in a shade net of 4.7 hectares where the treatments direct release of the parasitoid (LD) and no release (NR) were applied. de C.V. located in the town of Estación Bamoa, the project was established in a shade net of 4.7 hectares where the treatments direct release of the parasitoid (LD) and without release (SL) were applied with a dose of 5000 parasitized mummies per hectare. A completely randomized block design with 5 replications was used, and the comparison of treatments showed that there was no significant difference between the two treatments.

Key words: parasitoid, mummies, individuals, wasp, incidence, polines, monitoring.

INDICE

1. INTRODUCCIÓN	6
1.1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	7
1.2 PREGUNTAS DE INVESTIGACIÓN	9
1.3 JUSTIFICACIÓN.....	10
1.4 HIPÓTESIS.....	12
1.5 OBJETIVO GENERAL.....	12
1.6 OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	12
1.7 LIMITACIONES.....	13
2. MARCO TEÓRICO.....	14
2.1 <i>Myzus persicae</i>	14
2.1.1 CICLO DE VIDA	14
2.1.2 DAÑOS	15
2.1.3 <i>Aphidius colemani</i> COMO AGENTE DE CONTROL BIOLÓGICO.....	17
2.1.4 CAPACIDAD DE APHIDIUS COLEMANI PARA BUSCAR Y LOCALIZAR PULGONES.	18
2.1.5 DINÁMICA POBLACIONAL DE APHIDIUS COLEMANI Y SU INTERACCION CON OTROS INDIVIDUOS.....	19
2.1.6 INFLUENCIA DE DIVERSOS FACTORES EN LA EFICACIA DE <i>Ahidius colemani</i>	20
2.1.7 RESISTENCIA DE APHIDIUS COLEMANI A PESTICIDAS Y SU IMPACTO EN LA EFICACIA DEL CONTROL.....	21
2.2 CONTROL DE PLAGAS	23
2.2.1 CONTROL CULTURAL	23
2.2.2 CONTROL QUÍMICO.....	24
2.2.3 CONTROL FISICO	25
2.2.4 CONTROL BIOLOGICO	25
2.3 METODO CLASICO	34
2.4 TÉCNICA DE INOCULACIÓN.....	34
2.5 ORIGEN DEL PIMIENTO.....	35
2.5.1 TAXONOMÍA.....	36
2.5.2 REQUERIMIENTOS CLIMATICOS	36

2.5.3 DESCRIPCIÓN BOTANICA.....	36
2.5.4 ENFERMEDADES QUE ATACAN EL CULTIVO DE PIMIENTO	37
2.6 ANTECEDENTES	46
3. METODOLOGÍA.....	49
4. RESULTADOS	53
4.1 PRESENCIA DE INDIVIDUOS DE PULGÓN Y MOMIAS.	53
5. CONCLUSIONES	65
6. BIBLIOGRAFÍA	66
7. ANEXOS.....	70

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura.1 Myzus persicae. A: Forma áptera de color verde. B: Forma alada.	14
Figura 2. Ciclo de vida de Myzus persicae. IMAGEN. (BASF 2023)	15
Figura 3. DAÑO DE PULGON EN PIMIENTO	16
Figura 4. Clasificación de los plaguicidas según su toxicidad, expresada en DL50 (mg/kg) (SENASICA 2019)	24
Figura 5. Clasificación de los plaguicidas, según la familia química. (SENASICA 2019). ..	24
Figura 6. Chrysopidae (Nájera Rincón y Souza 2010)	31
Figura 7. chinche pirata (Nájera Rincón y Souza 2010)	31
Figura 8. larva de ctarinita roja (Nájera Rincón y Souza 2010).	32
Figura 9. larva de Hippodamia convergens (Nájera Rincón y Souza 2010)	32
Figura 10. Trichogramma parasitando huevecillos (Nájera Rincón y Souza 2010).	33
Figura 11. Macho transportando ninfa quiescente de la hembra (Estay P y Vitta 2018).	42
Figura 12. Arañita bimaculada en pimiento. (A) se distinguen 2 manchas oscuras en el dorso y cubiertas de pelos. (B) Presencia de tela producida por la arañita en planta de pimiento (Estay P y Vitta 2018).	43
Figura 13. Foto de piojo	45
Figura 14. Botellas de momias para liberación.	49
Figura 15. Liberación de <i>Aphidius colemani</i>	50
Figura 16. Instalación de vasos con <i>Aphidius colemani</i>	50
Figura 17. Plántulas de pimiento.	52
Figura 18. Ninfa de pulgón.	54
Figura 19. Adulto alado del pulgón.	54
Figura 20. Adultos alados y ninfas de pulgón.	54
Figura 21. Individuos momias.	55
Figura 22. Pulgón parasitado.	55
Figura 23. A. colemani buscando individuos para parasitar.	55
Figura 24. GRAFICA DE COMPARACION DE INCIDENCIA DE PULGON Y MOMIA.	56
Figura 25. GRAFICA DE INTERVALOS DE INSIDENCIA DE MOMIAS	58
Figura 26. Colonia de pulgón en hojas.	59
figura 27. Colonia de pulgón en brotos.	59

Figura 28. colonia de momias en el envés de las hojas.....	60
Figura 29. GRAFICA DE COMPARACION DE COLONIAS DE PULGON Y MOMIAS	61
Figura 30. GRAFICA DE INTERVALOS DE INCIDENCIA DE COLONIAS DE MOMIAS ...	64
Figura 31. INDIVIDUOS POR PLANTA POR MONITOREO	64

LISTA DE TABLAS

Tabla 1. fecha de liberaciones.	53
Tabla 2. fecha de monitoreos.....	53
Tabla 3. PRESENCIA DE PULGONES ADULTOS Y NINFAS.	54
Tabla 4. PRESENCIA DE MOMIAS.....	55
Tabla 5. ANALISIS DE VARIANZA PARA INCIDENCIA DE MOMIAS	57
Tabla 6. COMPARACIONES POR PAREJAS DE TUKEY: TRATAMIENTOS MOMIAS	57
Tabla 7. COMPARACIONES POR PAREJAS DE TUKEY: MONITOREO MOMIAS	58
Tabla 8. PRESENCIA DE COLONIAS DE PULGONES).	59
Tabla 9. PRESENCIA DE COLONIAS DE MONIAS	60
Tabla 10. ANALISIS DE VARIANZA PARA INCIDENCIAS DE COLONIAS DE MOMIAS .	62
Tabla 11. COMPARACIONES POR PAREJAS DE TUKEY: TRATAMIENTOS COLONIA DE MOMIAS	62
Tabla 12. COMPARACIONES POR PAREJA DE TUKEY: MONITOREOS COLONIAS DE MOMIAS	63

1. INTRODUCCIÓN

El control biológico es una estrategia fundamental en la gestión integrada de plagas, especialmente en cultivos de alto valor como el pimiento (bell pepper), el cual es uno de los productos mayor comercializados en el mundo. *Aphidius colemani* es un parasitoide natural de varios pulgones, incluyendo *Myzus persica*, una de las plagas más importantes en la agricultura mundial. *Myzus persica* es un pulgón polífago que ataca a diversas culturas, como pimientos, tomates, lechugas y árboles frutales, causando daños significativos en la producción y calidad de los cultivos. Según datos de Agricultura, México produjo un promedio anual de 3.3 millones de toneladas de chiles y pimientos entre 2016 y 2020, con un crecimiento moderado de 0.3% por año. Chihuahua se consolidó como el principal productor nacional, con una participación del 23.6%. Por otro lado, Sinaloa se destacó como el principal productor de pimiento a cielo abierto, contribuyendo con aproximadamente 166 mil toneladas anuales (Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural 2022).

La alta producción de este cultivo genera grandes consecuencias ya que se ha creado una gran dependencia a los productos químicos empleados para la prevención y control de las diversas plagas que se presentan en él, una de las plagas que se encuentran con mayor presencia en este cultivo y genera daños muy pronunciados hasta llegar a tener totales, es el pulgón. El implemento de insectos de control biológico ha sido una estrategia que se ha estado adaptando en la actualidad. El himenóptero *Aphidius colemani*, miembro de la familia Aphidiidae, es un endoparásito que completa su ciclo de vida en el interior del cuerpo de su huésped, dando lugar a un solo parasitoide adulto (M.P. Rodríguez, M.M. Sánchez, M. Navarro 2003) En esta investigación se explorará la efectividad de este parasitoide en la incidencia de pulgón en dicho cultivo, analizando su capacidad para reproducirse sobre esta plaga disminuyendo su presencia en el cultivo.

1.1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

En México, casi el 50 por ciento de su producción se realiza bajo la modalidad de agricultura protegida (invernadero, malla sombra o macro túnel). Esto permite que lo encontremos en el mercado casi en cualquier época del año. Según (CODESIN 2023) Sinaloa cultivó 1 millón 029 mil 978 hectáreas (has.), las cuales produjeron 11 millones 394 mil 520 toneladas de alimentos con un valor de producción de 70 mil 195 millones de pesos. Para el año 2022 son 8 productos agrícolas en los que el estado mantiene liderazgo en la producción nacional, siendo maíz, tomate rojo y chile verde los que concentran el mayor porcentaje de producción a nivel nacional (CODESIN 2023).

La gran producción de dicho cultivo puede generar grandes consecuencias por el uso excesivo de productos químicos para el control y manejo de sus plagas. según PROOCCYT “entre el año 2017 y 2019 -en promedio- se empleaban 2.3 kilos (o su equivalente en litros) por cada hectárea cultivada, para el año 2020 el empleo de plaguicidas continuó su reducción para llegar a 1.7 kg, por hectárea.” (pág. 37).

Una de las principales plagas que atacan los cultivos de pimiento es el pulgón, estos son insectos diminutos 1-4mm que se han adaptado perfectamente a su papel de fitófagos, afectando significativamente una amplia variedad de cultivos. su ciclo de vida es particularmente complejo debido a las diversas etapas y formas que presentan, lo que puede llevar a confusión sobre su clasificación como especies individuales (Andorno A.V., Botto E.N. 2014).

Por otra parte, según Koppert el pulgón del melocotonero (*Myzus persicae subsp. persicae*) es el principal vector de enfermedades virales en la agricultura, transmitiendo más de 100 virus diferentes. Debido a su capacidad para propagar enfermedades, los agricultores lo consideran una amenaza significativa. Al alimentarse de la savia de las plantas, las ninfas y adultos del pulgón alteran el equilibrio hormonal, ralentizando el crecimiento y provocando deformaciones en las hojas. En casos graves, la infestación puede causar la muerte de plantas jóvenes. Además, el retraso en el crecimiento y la pérdida de hojas reducen significativamente la producción de cosechas. (Koopert 2024a).

El uso excesivo de pesticidas químicos para controlar esta plaga ha generado preocupaciones ambientales y de salud pública, debido a su impacto en la biodiversidad y la contaminación del suelo y agua. En este contexto, se requiere una alternativa sostenible y eficaz para controlar la plaga del pulgón verde. El control biológico mediante el uso de parasitoides como *Aphidius colemani* ofrece una promesa para abordar este problema. Sin embargo, es necesario evaluar la eficacia y viabilidad de este enfoque en condiciones de campo.

1.2 PREGUNTAS DE INVESTIGACIÓN

- ¿Es posible evaluar la efectividad de parasitismo de *Aphidius colemani* en la población de pulgones (*Myzus persicae*) en pimiento bajo cultivo protegido?
- ¿Cómo monitorear la densidad de insectos plaga antes y después de las liberaciones de *Aphidius colemani*?
- ¿Cómo analizar los datos obtenidos de los monitoreos realizados durante el desarrollo y adaptación del agente parasitoide?

1.3 JUSTIFICACIÓN

El cultivo de pimienta es una de las principales producciones agrícolas en muchos países, y su producción se ve afectada significativamente por la presencia de plagas, como el pulgón verde (*Myzus persicae*). Las plantas jóvenes son particularmente vulnerables al ataque de este insecto, el cual puede provocar estrés hídrico, marchitamiento, deformaciones en hojas y brotes, así como daños en flores y frutos. Además, el áfido puede inducir malformaciones en el tejido afectado, lo que puede frenar el crecimiento del hospedante. Al alimentarse, el pulgón verde secreta mielecilla, que fomenta el crecimiento de fumagina en hojas y frutos, afectando su calidad y valor comercial. Sin embargo, el mayor riesgo asociado con este áfido es su capacidad para transmitir virus entre plantas hospederas (Néstor Bautista Martínez 2023).

En la actualidad, el control químico es el método más comúnmente utilizado para manejar las poblaciones de pulgones, sin embargo, este enfoque tiene limitaciones debido a la resistencia de las plagas a los insecticidas, el impacto negativo en la biodiversidad y la contaminación ambiental. Durante siglos, los problemas fitosanitarios se han abordado mediante el uso de insecticidas químicos. En la agricultura moderna, estos productos se consideran a menudo como la única solución efectiva para controlar las poblaciones de insectos, ofreciendo resultados inmediatos y espectaculares en la reducción de estas plagas (Brecht 2011).

El control biológico, mediante el uso de parasitoides como *Aphidius colemani*, se presenta como una alternativa prometedora y sostenible para manejar las poblaciones de pulgones. Sin embargo, es necesario evaluar su eficacia e impacto en la dinámica poblacional de *M. persicae*. Por ello, este estudio busca evaluar la eficiencia de este insecto benéfico en pimienta bajo condiciones de cultivo protegido, comprender la dinámica poblacional de *Myzus persicae* en respuesta a la introducción *Aphidius colemani*, así como identificar los factores que influyen en la eficiencia del control biológico.

El desarrollo del presente proyecto será de gran impacto en el área agronómica destinada a la producción de pimientos ya que la introducción de *Aphidius colemani* en cultivos de pimientos puede contribuir significativamente al bienestar de las comunidades agrícolas al adoptar técnicas de control biológico logrando disminuir su dependencia a pesticidas

químicos, lo que permite una menor exposición a productos potencialmente tóxicos promoviendo un ambiente de trabajo más seguro y saludable, además de generar un impacto positivo en la percepción pública hacia la agricultura sostenible. Este enfoque tecnológico no solo optimiza la gestión de plagas, su investigación y desarrollo proporcionan nuevos conocimientos sobre el comportamiento de los parasitoides, lo que puede ser aplicado a otros cultivos y contextos agrícolas. Como agente de control biológico en el cultivo de pimientos no solo tiene el potencial de mejorar el rendimiento y la sostenibilidad del cultivo, la falta de este proyecto podría resultar en la falta de conocimientos sobre la eficiencia de un insecto de control biológico que ayudaría a disminuir la dependencia continua de métodos químicos, con impactos negativos en la salud, el medio ambiente y la economía agrícola. Por lo tanto, la realización de esta investigación es fundamental para avanzar hacia una agricultura más sostenible y rentable.

1.4 HIPÓTESIS

La aplicación de *Aphidius colemani* reducirá significativamente la población de pulgones (*Myzus persicae*) en chile morrón bajo condiciones de cultivo protegido.

1.5 OBJETIVO GENERAL

Evaluar la eficiencia de *Aphidius colemani* en el control de pulgón (*Myzus persicae*) en pimiento bajo cultivo protegido.

1.6 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Evaluar la efectividad de *Aphidius colemani* en parasitar la población de pulgón (*Myzus persicae*) en pimiento bajo cultivo protegido.
- Monitorear la densidad de insectos plaga antes y después de las liberaciones de *Aphidius colemani*.
- Analizar la diferencia que pueda existir entre las áreas de liberación directa y sin liberación.

1.7 LIMITACIONES

El control biológico de plagas a través de insectos parasitoides es una práctica poco empleada debido a los altos costos de implementación y a la poca credibilidad que se tiene sobre su efectividad. El presente proyecto permitirá determinar la efectividad de *Aphidius colemani* como agente de control biológico en un cultivo específico de pimiento establecido en la Agrícola Savannah S.A. de C.V. se proveerán datos locales relevantes sobre la aplicación de *Aphidius colemani* en condiciones específicas de la región, los cuales conducirán a una mayor promoción de prácticas agrícolas sostenibles a los productores dedicados a la producción de pimientos, encaminándolos a la incorporación de dicho parasitoide a sus programas de manejo integrado de plagas, complementando otros métodos de control y contribuyendo a un manejo más equilibrado y efectivo. Disminuirá la dependencia a insecticidas químicos protegiendo el medio ambiente y la biodiversidad contribuyendo así a la sostenibilidad ambiental a largo plazo, además se generará mayor oportunidad de empleo a las personas dedicadas a las labores culturales en los campos agrícolas.

Las limitaciones que se pueden presentar durante el desarrollo del proyecto es la dificultad para controlar las diferentes variables ambientales que se pueden presentar, las cuales podrían afectar en la adaptación o bien desarrollo del parasitoide, incluso ciertos cambios climáticos podrían afectar la eficiencia del parasitoide. El costo de producción o compra del insecto benéfico suele ser muy elevado en comparación de otros métodos tradicionales de control de plagas como insecticidas químicos debido a la necesidad de mantener al insecto en condiciones específicas de temperatura y humedad durante el transporte, además para llevar a cabo su liberación se requiere de un gran número de personas capacitadas.

2. MARCO TEÓRICO

2.1 *Myzus persicae*

Los áfidos conforman un grupo relativamente pequeño pertenecientes al suborden Sternorrhyncha, del orden Hemiptera. Poseen cuerpos suaves en forma de pera (piriformes) con coloraciones claras y su longitud puede variar de 0.5 a 10 mm.

Según Néstor Bautista Martínez (2023):

“Las hembras partenogenéticas ápteras son de cuerpo ovalado, de 1.2 a 2.1 mm de longitud, son de color muy variable: verde blanquecino, verde amarillo pálido, verde grisáceo, verde oscuro e incluso negro. El color verde es más intenso en climas fríos. Las formas aladas tienen una mancha oscura en la parte dorsal del abdomen. Los tubérculos antenales (ta) están bien desarrollados y convergen internamente; los sifúnculos (si) están ligeramente engrosadas en la mitad apical con la punta oscura y son tan largos como el proceso terminal de la antena.” (p. 293)

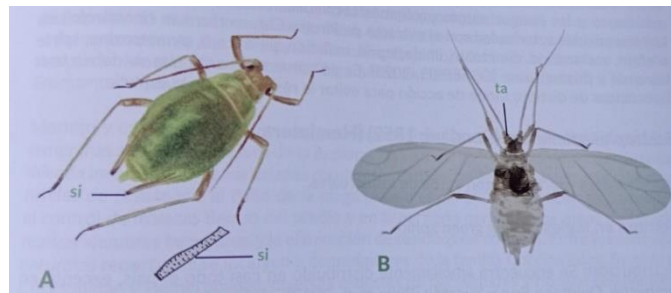


Figura.1 *Myzus persicae*. A: Forma áptera de color verde. B: Forma alada.

Se comercializa en botes donde se mezclan las momias con sustrato, el tapón del bote contiene una mezcla de melaza la cual sirve como alimento para los adultos que emergen antes de su liberación, garantizando una calidad optima del producto. La cantidad de adultos emergidos dependerá de la temperatura hasta su aplicación, la cual se lleva a cabo de forma preventiva a partir del periodo crítico de aparición del pulgón o bien durante las primeras apariciones del pulgón y se dejaron de realizar sueltas al observar el 40% de momias en el cultivo (M.P. Rodríguez, M.M. Sánchez, M. Navarro 2003).

2.1.1 CICLO DE VIDA

Según la investigación realizada por Duarte et al. (2011) el pulgón *M. persicae* alcanza su madures en pocos días y entra en la fase reproductiva después de 24 horas, lo que le permite

multiplicarse en aproximadamente 13-14 días. Después de completar su ciclo reproductivo, el pulgón muere en un lapso de 48 horas luego de hacer su última puesta. Su longevidad es de alrededor de 16-17 días por lo que su ciclo de vida es inferior al mes. Los resultados de esta investigación reflejan que la duración de los periodos ninfales, pre reproductivos, reproductivos, post reproductivos y la longevidad de *M. persicae* son superiores a los informados. Así pues, el periodo reproductivo de la especie alcanza una fecundidad media diaria de 3 a 4 individuos por hembra, con una progenie total de 42 ninfas.

Por otra parte, Néstor Bautista Martínez (2023) plantea que:

“Generalmente las hembras se reproducen por partenogénesis, con condiciones óptimas de temperatura de 23 a 26°C. La fecundidad diaria de la especie es de 3 a 4 individuos por hembra, con una progenie total de 42 ninfas. Las ninfas presentan de 4 a 5 instares, con una duración entre 4 y 5 días aproximadamente. La mayoría de las veces se encuentran en su forma áptera, pero en escasez de alimento y condiciones ambientales adversas surgen algunos individuos alados para favorecer su dispersión; además cuando las condiciones son desfavorables su reproducción puede ser de manera sexual. El ciclo de vida se completa en 20.6 días en promedio por lo que tiene un alto número de generaciones al año. La temperatura mínima de desarrollo es de 4°C y requiere 129.8 GDD para completar su ciclo” (p. 293).

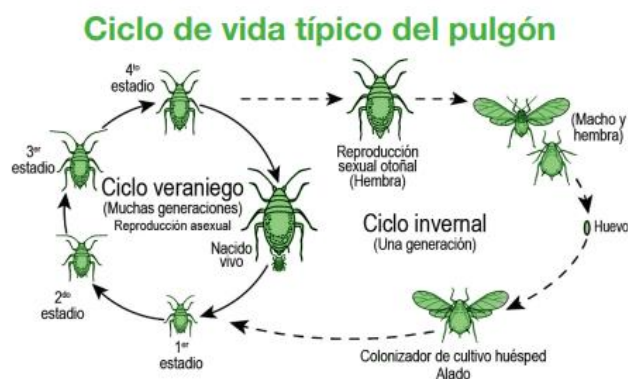


Figura 2. Ciclo de vida de *Myzus persicae*. IMAGEN. (BASF 2023)

2.1.2 DAÑOS

El pulgón *Myzus persicae* es un insecto fitófago que causa daños significativos a una gran variedad de cultivos, incluyendo frutas, verduras y plantas ornamentales. Estos daños pueden tener un impacto significativo en la productividad y la calidad de los cultivos, lo que puede

resultar en pérdidas económicas para los agricultores. La sintomatología típica del daño directo incluye el enrollado y la distorsión de las hojas apicales, lo que se conoce como "rulo" de los brotes, así como un retraso en el crecimiento de los brotes nuevos. Los daños indirectos incluyen el desarrollo de fumagina en la superficie de los órganos afectados y la transmisión de virus. La fumagina, causada por hongos saprófitos que crecen sobre los excrementos azucarados de los pulgones, puede reducir la actividad fotosintética de la planta. (Koopert 2024b)

Néstor Bautista Martínez (2023) señala:

“Las plantas jóvenes son más susceptibles al ataque del pulgón verde. En altas densidades las plantas pueden manifestar estrés hídrico, marchitamiento, enrollamiento de hojas y brotes, afecta también a flores y frutos; además inducen malformaciones sobre el tejido atacado, lo anterior puede dar como resultado un decremento en el desarrollo del hospedante. Secretan mielecilla al alimentarse, la cual favorece el desarrollo de fumagina sobre las hojas y los frutos, por lo que se ve afectada su calidad y pierden su valor comercial. El problema más serio con este áfido es su habilidad para transmitir virus entre sus hospedantes.” (p. 293)

Por otra parte, Zumbado y Azofeifa (2018) :

“Provocan dos tipos de daño a los cultivos, uno directo, por la perforación del tejido y succión de savia, debilitando la planta; otro indirecto, por la transmisión de virus y la proliferación de fumagina sobre la superficie foliar que interviene en la fotosíntesis. Varias especies importantes tales como *Aphis fabae* (leguminosas), *Aphis gossypii* (polífaga: algodón, lechuga, espinaca, remolacha, frijol, zanahoria, solanáceas, cucurbitáceas), *Brevicoryne brassicae* (crucíferas: repollo, Figura 82. Adulto (a) y ninfa (b) de mosca blanca (Hem.: Aleyrodidae). a) b) 73 brócoli y kale), *Macrosiphum euphorbiae* (solanáceas: papa y tomate) y *Myzus persicae* (polífaga, en cebolla, papa, tomate, lechuga, entre otros).” (p.73)



Figura 3. DAÑO DE PULGON EN PIMIENTO

2.1.3 *Aphidius colemani* COMO AGENTE DE CONTROL BIOLÓGICO.

Durante varios años la agricultura se centró principalmente en el implemento de productos químicos sintéticos como plaguicidas o pesticidas para el control de plagas y enfermedades, los cuales tienen la función de prevenirlas o bien erradicarlas. Se convirtieron en el control más eficiente contra patógenos en las décadas de 1960 y 1970 debido a su eficacia, bajo costo, fácil aplicación y amplia disponibilidad (Santos et al. 2010). Según Ibarra et al. (2016) “La avispa *Aphidius colemani*, originaria de la India, se conoce como parasitoide solitario koinobionte de áfidos; además de ser polífago, es ampliamente utilizado en programas de control biológico principalmente de los pulgones *Aphis gossypii* y *Myzus*, en diversos cultivos agrícolas” (p.227). *Aphidius colemani* es una avispa parasitaria que pertenece a la familia Braconidae, utilizada ampliamente como agente de control biológico especialmente contra el pulgón verde melocotonero. Es reconocida por su gran eficiencia en la reducción de colonias de pulgones en cultivos protegidos (Koopert 2024b). El control biológico con *Aphidius colemani* se ha demostrado como una alternativa viable y sostenible. En estudios realizados, se ha observado que la introducción de esta avispa parasitaria en cultivos de pimiento bajo invernadero puede reducir significativamente la población de *Myzus persicae*. Además, el uso de plantas refugio (banker plants) ha mejorado aún más la eficacia del control biológico (Mazzitelli 2017).

Andrea Verónica Adorno en su estudio señala la capacidad de *A. colemani* para sobrevivir y desarrollarse tanto en el pulgón *M. persicae* como en el pulgón *Rhopalosiphum padi*. Esto indica que el parasitoide puede adaptarse a diferentes condiciones del huésped, lo cual es crucial para su efectividad en los sistemas de control biológico. El estudio informó parasitismo específicas de *A. colemani* en *M. persicae*, que se evaluaron en condiciones semicontroladas, el impacto general de *A. colemani* en los ensayos fue positivo, proporcionando una opción de control biológico viable para el manejo de poblaciones de *M. persicae* en sistemas hortícolas con plantas hospedantes alternativas para mejorar su efectividad y sostenibilidad en las estrategias de manejo de plagas (Andorno 2012).

El desarrollo de esta avispa parasitoide depende en gran medida de las temperaturas, su ciclo de vida puede variar de 13 días cuando las temperaturas son de 21°C y de 11 días a 27°C, un poco más lento que el ciclo de vida del pulgón. Sin embargo, esto se compensa con

un alto ritmo de parasitismo y fecundidad, puesto que el parasitoide hembra puede llegar a producir unos 300 huevos. Sus temperaturas optimas están comprendidas entre los 16°C y los 22°C, pero mantiene un control efectivo con temperaturas comprendidas de 20-30°C. Cuando las temperaturas se encuentran por encima de 28-30°C su actividad disminuye, por el contrario, cuando se expone a temperaturas por debajo del 10°C su ciclo se prolonga y se produce un descenso en su actividad (M.P. Rodríguez, M.M. Sánchez, M. Navarro 2003).

2.1.4 CAPACIDAD DE APHIDIUS COLEMANI PARA BUSCAR Y LOCALIZAR PULGONES.

Aphidius colemani tiene una alta capacidad de localización de sus presas, puede encontrar desde cortas a largas distancia pequeños focos de infestación hasta pulgones individuales, esto debido a las sustancias alarma que generan las plantas infestadas (M.P. Rodríguez, M.M. Sánchez, M. Navarro 2003).

Inta y Rica (2010) plantea:

“Estos insectos se guían en la búsqueda de huéspedes mediante la percepción de señales químicas emitidas por la planta infestada y por la plaga, como sería el caso de feromonas y/o excreciones. Estas señales químicas liberadas por la plaga y que representan un medio para facilitar que sus enemigos naturales la localicen y la ataquen, son llamadas kairomonas” (p.26).

Justo después de que las hembras de *A. colemani* encuentran una colonia de áfidos se acercan a uno de ellos aleatoriamente e inician una serie de pruebas sensoriales dando toques en sus antenas y ovopositor, para poder determinar si el pulgón es el huésped adecuado para llevar a cabo la oviposición. De acuerdo con M.P. Rodríguez, M.M. Sánchez, M. Navarro (2003) “Si el áfido es de tamaño adecuado y no está parasitado, el parásito curva el abdomen por debajo de su cuerpo y atraviesa el áfido con su ovipositor, depositando un huevo en su interior” (p. 51). Así pues, M.P. Rodríguez, M.M. Sánchez, M. Navarro (2003) menciona “A las dos semanas de la introducción de *A. colemani* se observarán las primeras momias, lo cual indica que el pulgón está siendo parasitado. Aproximadamente a las tres semanas puede llegar a un alto nivel de control.” (p. 51).

El comportamiento de selectividad de las avispas, en particular de la avispa parasitoide *Aphidius colemani*, está influenciado por varios factores, como se destaca en el artículo de

investigación “Parasitismo de *Aphidius colemani* Viereck (Hymenoptera: Aphidiidae) en Diferentes Densidades de *Myzus persicae* (Sulzer) (Hemiptera: Aphididae)”, según Sampaio, Bueno, y Pérez-Maluf (2001) la densidad de huéspedes disponibles (*Myzus persicae*) impacta significativamente la selectividad de la avispa. A medida que aumenta la densidad de huéspedes, también aumentan los encuentros de la avispa con los huéspedes, lo que a su vez afecta su comportamiento y el número de ataques realizados. El estudio encontró que el número de encuentros aumentó gradualmente con mayores densidades de huéspedes. A su vez, la proporción sexual de la descendencia de la avispa está influenciada por la calidad y cantidad de los huéspedes disponibles. Las hembras del parasitoide evalúan a los huéspedes para determinar si fertilizar sus huevos, lo que producirá hembras, o dejarlos sin fertilizar, lo que dará como resultados machos. A medida que aumenta el número de huéspedes, la tasa de parasitismo de la avispa aumenta hasta cierto punto antes de estabilizarse. Esto sugiere que la selectividad de la avispa también está influenciada por su capacidad para explotar eficientemente los huéspedes disponibles. El comportamiento de búsqueda de la avispa también es un factor crítico, el tiempo necesario para la primera visita a los huéspedes no varía con la densidad de huéspedes, lo que indica que el comportamiento de búsqueda inicial de la avispa puede ser consistente independientemente del número de huéspedes presentes. Sin embargo, el comportamiento de búsqueda general aumenta con la densidad de huéspedes, lo que sugiere que la avispa se vuelve más activa en su búsqueda a medida que hay más huéspedes disponibles (Sampaio et al. 2001).

2.1.5 DINÁMICA POBLACIONAL DE APHIDIUS COLEMANI Y SU INTERACCION CON OTROS INDIVIDUOS

La dinámica poblacional del parasitoide *Aphidius colemani*, particularmente en relación con su huésped *Myzus persicae*, puede entenderse a través de varias observaciones, *A. colemani* exhibe una respuesta funcional de tipo II. Esto significa que a medida que aumenta la densidad de *M. persicae*, también aumenta el número de momias formadas por el parasitoide, pero a un ritmo decreciente hasta estabilizarse (Sampaio et al. 2001).

Aphidius colemani es un endoparasitoide solitario que se dirige principalmente a los pulgones, pero sus interacciones con otros insectos pueden influir significativamente en su eficacia en el control biológico. Especies como *Alloxysta victrix* y *Dendrocerus aphidum*

pueden parasitar directamente las poblaciones de *A. colemani*, especialmente durante el verano, cuando las poblaciones alcanzan su punto máximo. El impacto de los hiperparasitoides no se limita sólo a la mortalidad directa de *A. colemani* su presencia puede alterar la dinámica de todo el sistema de manejo de plagas, lo que lleva a un aumento de las poblaciones de pulgones (Prado, Jandricic, y Frank 2015).

2.1.6 INFLUENCIA DE DIVERSOS FACTORES EN LA EFICACIA DE Ahidius colemani

Comprender las interacciones específicas dentro de los agroecosistemas es crucial. La identificación precisa de las especies involucradas ayuda a comprender las relaciones tróficas y sus implicaciones para las estrategias de manejo de plagas. Se sugiere la necesidad de un monitoreo continuo de las poblaciones de pulgones y sus parasitoides, particularmente en relación con la flora de malezas circundantes. Esto podría mejorar la comprensión de la dinámica ecológica en juego e informar mejores prácticas de manejo de plagas (Farhat 2021).

Las condiciones ambientales locales, como el clima y la estructura del hábitat, juegan un papel importante a la hora de determinar qué especies prosperan en un área determinada. La variabilidad en las condiciones del microhábitat, como el tipo de suelo, la humedad y la diversidad de plantas, pueden influir en las poblaciones de parasitoides. La presencia de otros insectos, incluidos los hiperparasitoides, también puede afectar la distribución de los parasitoides primarios los cuales pueden competir o aprovecharse de los parasitoides primarios, influyendo así en sus poblaciones. Por otra parte, las prácticas de manejo empleadas en entornos agrícolas pueden afectar significativamente la distribución de parasitoides. El cambio del control químico de plagas a métodos de control biológico puede mejorar la presencia de parasitoides beneficiosos al crear un entorno más favorable para su supervivencia (Farhat 2021).

La eficiencia de *A. colemani* en el control de las poblaciones de pulgones puede verse afectada por las diferencias fisiológicas entre los diferentes hospedadores de pulgones, que pueden variar con la temperatura y los efectos del biotipo. Además, hongos como *Beauveria bassiana* pueden infectar y matar a *A. colemani* en altas tasas, reduciendo significativamente su población. Estos hongos también pueden infectar a los pulgones parasitados, lo que disminuye la aparición de adultos de *A. colemani* en las momias. (Prado et al. 2015).

2.1.7 RESISTENCIA DE *APHIDIUS COLEMANI* A PESTICIDAS Y SU IMPACTO EN LA EFICACIA DEL CONTROL.

El control biológico de plagas es una tecnología que aprovecha a los enemigos naturales de las plagas con la idea de reducir las poblaciones sin afectar las producciones agrícolas. En agricultura su implementación es muy significativa, pues al ser una tecnología cien por ciento natural no impacta negativamente al medio ambiente y protege la salud pública; caso contrario con los insecticidas que no terminan en su totalidad con las plagas, pero colateralmente, matan a los organismos benéficos de los cultivos que se encuentran en la tierra e infectan al producto.

La mayoría de los pesticidas de aplicación foliar son clasificados como “ligeramente dañinos” o “moderadamente dañinos” para *A. colemani*. Sin embargo, ciertos productos, como permetrina, espinetoram + sulfoxaflor, dinotefurano, tolfenpirad y acetamiprid, son particularmente perjudiciales y matan $\geq 70\%$ de los parasitoides después de una exposición de 6, 12, 24 y 48 horas. Esto indica que estos pesticidas específicos representan un alto riesgo para *A. colemani* cuando se aplican en el campo (Tracey, L., Payton., Eric, J., Rebek., Mark, E. 2020).

Los insecticidas sistémicos como cianraniliprol, dinotefurano, flupiradifurona, imidacloprid y espirotetramato matan el 100% de los pulgones, eliminando eficazmente los huéspedes de los que depende *A. colemani* para su parasitismo. Este efecto indirecto es crítico, ya que reduce la disponibilidad de fuentes de alimento para el parasitoide, lo que podría provocar una disminución de la población (Tracey, L., Payton., Eric, J., Rebek., Mark, E. 2020).

Por otra parte, la lambdacialotrina puede afectar negativamente a los agentes de control biológico, como la avispa parasitoide pulgón *Aphidius colemani*. Este insecticida altera el comportamiento natural de estos insectos benéficos, muestran menos movimiento y exploración en el medio ambiente cuando interactúan con pulgones resistentes expuestos a insecticidas además tiene menos probabilidades de ovipositar con éxito en los pulgones resistentes que han estado expuestos a dosis subletales, esto indica una interrupción en su capacidad para buscar y localizar presas de manera efectiva. El comportamiento de exploración a menudo está guiado por la capacidad de los parasitoides de reconocer señales químicas emitidas por sus huéspedes. Si la exploración se ve afectada, los parasitoides

pueden no detectar estas señales, lo que resulta en la pérdida de oportunidades para parasitar a los pulgones. Esto es particularmente crítico cuando se trata de poblaciones de pulgones resistentes, ya que la capacidad de adaptarse a las señales cambiantes del huésped es esencial para un parasitismo exitoso. El aseo, que es un comportamiento que puede ayudar a los parasitoides a eliminar residuos nocivos de sus cuerpos, también se ve significativamente afectado. Esto sugiere que la exposición a insecticidas no solo afecta sus comportamientos reproductivos y de búsqueda, sino también su capacidad para mantener su salud e higiene (Alfaro-Tapia et al. 2021).

Kaoutar et al. (2019) probaron varios productos para evaluar su impacto en la supervivencia del parasitoide *Aphidius colemani*. Los productos incluían tanto bioinsecticidas de origen vegetal como un insecticida químico. Donde se encontró que el extracto acuoso de la semilla de *Melia azedarach* era el más tóxico, mostrando una tasa de mortalidad máxima del 50% después de 96 horas en la concentración más alta (20 g/20 ml). También se probó el extracto de pulpa, pero se observó que era menos tóxico en comparación con las semillas. Así pues, las hojas de *Nerium oleander* mostraron una tasa de mortalidad máxima del 43% después de 96 horas en la concentración más, esto indica un nivel significativo de toxicidad, aunque fue menos dañina que las semillas de *Melia azedarach*. En cambio, el extracto acuoso de *Mandragora Autumnalis* (Raíces) era seguro para *Aphidius colemani*, ya que no causaba una mortalidad significativa, esto sugiere que podría usarse en control biológico sin dañar al parasitoide. Por otra parte, se incluyó el insecticida químico deltametrina como control y resultó ser altamente tóxico para *Aphidius colemani*, con tasas de mortalidad que aumentaron significativamente con el tiempo, después de cuatro días de exposición, las tasas de mortalidad alcanzaron hasta el 92% en la concentración más alta, lo que indica un fuerte impacto negativo sobre el parasitoide (Kaoutar et al. 2019).

A. colemani es un agente de control biológico eficaz para el manejo de poblaciones de *M. persicae*, pero su eficacia puede verse afectada significativamente por el uso de ciertos insecticidas. Esto resalta la importancia de integrar métodos de control biológico con prácticas cuidadosas de manejo de plagas para mejorar la eficiencia general en el control de plagas de pulgones (Andorno 2012).

2.2 CONTROL DE PLAGAS

Este método de control emplea diversas prácticas de cultivos con el fin de favorecer el desarrollo de la planta y crear condiciones desfavorables para las plagas. Algunas de estas prácticas son la preparación del suelo, rotación de cultivos, control de maleza y la implementación de medidas sanitarias. Otra de las herramientas para el control de las plagas es la elección de las variedades, aunque requiere de tiempo y recursos (Jiménez 2009).

El control de plagas y enfermedades se puede llevar a cabo de dos maneras, el control natural que se basa en el uso de insectos que se reproducen naturalmente en el agroecosistema y el control aplicado que se basa en todas las actividades o técnicas que realiza el hombre para reducir los niveles de densidad de la plaga.

2.2.1 CONTROL CULTURAL

Estas prácticas son empleadas principalmente para prevenir la propagación de las plagas y promover el buen desarrollo del cultivo. Dentro de estas prácticas se encuentra la preparación del terreno, el control de malezas y la implementación de medidas sanitarias. Así también, una herramienta importante para el control de plagas es el desarrollo de variedades resistentes (Jiménez 2009).

SENASICA (2019) en su manual indica las técnicas más importantes:

- “• Rotación con cultivos que no sean afectados por las mismas plagas, con la finalidad de romper el ciclo biológico e impedir que las generaciones de plagas se incrementen año tras año en hospederos susceptibles.
- Manejo de fecha de siembra para reducir probabilidad de la presencia de la plaga coincida con la etapa más vulnerable del cultivo.
- Destrucción de los residuos de cosecha. Por ejemplo, mediante la quema o incorporación de los residuos de cosecha se reduce la cantidad de individuos de la plaga que podrían infestar el siguiente ciclo de cultivo.
- Cultivo intercalado de especies de plantas susceptibles y no susceptibles para reducir la dispersión de la plaga y por ende disminuir el daño que ésta hace al cultivo.
- Cultivos de trampas, se siembra en forma previa una pequeña área con un cultivo muy atractivo a la plaga de interés para que la plaga se establezca en éste antes de invadir el cultivo

de interés. En ese cultivo trampa se pueden ejercer acciones de combate reduciendo la necesidad de usar insecticidas en el cultivo principal y preservando de esta forma a los enemigos naturales.

- Manipulación o destrucción de plantas huéspedes alternativas (malezas).
- Alteración de la densidad de la plantación o en las prácticas de manejos del cultivo.”(p.24).

2.2.2 CONTROL QUÍMICO

El método más común para combatir los insectos plagas es el uso de plaguicidas debido a su rapidez y eficacia. Mas sin embargo, el uso de estos productos trae efectos secundarios en el ambiente, los agroecosistemas y la salud, como la contaminación del medio ambiente, la resistencia que crean las plagas así como las intoxicaciones que pueden producir (Jiménez 2009). Existe una gran variedad de productos químicos en el mercado destinados al control de plagas que se clasifican de diferentes maneras. El efecto que estos producen en el medio ambiente, la salud o el agroecosistema depende en gran medida de los ingredientes y las concentraciones en las que se encuentren.

Clase	Toxicidad	Ejemplos
Clase IA	Extremadamente peligrosos	Paratión, dieldrín
Clase IB	Altamente peligrosos	Eldrín, diclorvos
Clase II	Moderadamente peligrosos	DDT, clordano
Clase III	Ligeramente peligrosos	Malatión

Figura 4. Clasificación de los plaguicidas según su toxicidad, expresada en DL50 (mg/kg) (SENASICA 2019)

Familia química	Ejemplos
Organoclorados	DDT, aldrín, endosulfán, endrín
Organofosforados	Bromophos, diclorvos, malatión
Carbamatos	Carbaryl, methomyl, propoxur
Tiocarbamatos	Ditiocarbamato, mancozeb, maneb
Piretroides	Cypermethrin, fenvalerato, permethrin
Derivados bipiridilos	Cloromequat, diquat, paraquat
Derivados del ácido fenoxiacético	Dicloroprop, piclram, silvex
Derivados cloronitrofenólicos	DNOC, dinoterb, dinocap
Derivados de triazinas	Atrazine, ametryn, desmetryn, simazine
Compuestos orgánicos del estaño	Cyhexatin, dowco, plictrán
Compuestos inorgánicos	Arsénico pentóxido, obpa, fosfito de magnesio, cloruro de mercurio, arsenato de plomo, bromuro de metilo, antimonio, mercurio, selenio, talio y fósforo blanco
Compuestos de origen botánico	Rotenona, nicotina, aceite de canola

Figura 5. Clasificación de los plaguicidas, según la familia química. (SENASICA 2019)

Por otra parte, Díaz (2016) indica que los plaguicidas “Por la forma de actuar sobre los insectos o la planta hospedera. Se pueden dividir en:

- a) Ingestión: Deben ser ingeridos por el insecto para que haga efecto a través del sistema digestivo.
- b) Contacto: Actúan al entrar en contacto con la plaga a través de la cutícula.
- c) Fumigación: Actúan a través del aparato respiratorio, en su fase de vapor.
- d) Sistémica: El plaguicida penetra a través de la cutícula de la planta, pasa a los vasos conductores y de allí por la savia a las diferentes partes de la planta.
- e) Translaminar o de profundidad: Penetran la cutícula de las plantas, pero no son traslocados. Ejercen su acción a través de la lámina foliar.” (p. 7.8).

Para minimizar o eliminar el uso de plaguicidas es necesario la adopción de nuevas alternativas agrícolas como la agricultura agroecológica, así pues, se logra una mayor resiliencia en los cultivos para resistir mejor los impactos climáticos producidos por la contaminación provocada por el hombre.

Pesticide Action Network (2023) destaca que “el 99% de todos los productos químicos sintéticos, incluidos los pesticidas, se derivan de combustibles fósiles, y varias compañías de petróleo y gas juegan un papel importante en el desarrollo de ingredientes de pesticidas.” así también “la producción de insecticidas genera entre 14,79 y 18,91 kilogramos de CO₂ e por kilogramo” (p.9)

2.2.3 CONTROL FISICO

Este método consiste en el uso de factores físicos como el calor, temperatura, humedad, energía, entre otros. Sin embargo, este control suele ser de altos costos por lo que para los pequeños agricultores les es imposible implementarlos. Aunque existen técnicas o bien tratamientos de calor usados en algunos países para tratar los semilleros, las semillas e incluso se usan para combatir problemas de nematodos (Jiménez 2009).

2.2.4 CONTROL BIOLOGICO

Consiste en el implemento de enemigos naturales como depredadores, parásitos, hongos, bacterias, nematodos y virus contra plagas y malezas. Es un método efectivo contra plagas

importadas debido a que sus enemigos naturales pueden ser importados desde su lugar de origen. Hoy en día la mayoría de los enemigos naturales son manipulados y formulados listos para aplicarlos.(Jiménez 2009).

El control biológico es una de las estrategias de manejo integrado de plagas (MIP) y busca reducir el uso de plaguicidas mediante la utilización de organismos vivos para el control de poblaciones problemáticas, este enfoque ecológico busca minimizar el impacto ambiental de una manera sostenible, pero para ello es indispensable la identificación y diferenciación de las diversas plagas que se presentan en el desarrollo de los cultivos (Jiménez 2009). Así pues, el manejo integrado de plagas se define como una combinación de diversos métodos de control para la reducción de poblaciones plaga, sin embargo este concepto no refleja la complejidad y profundidad de los principios que conlleva MIP.(Jiménez 2009).

2.2.4.1 CONTROL BIOLÓGICO DE INSECTOS MEDIANTE BACTERIAS

Las bacterias entomopatógenas son organismos unicelulares microscópicos que pueden reproducirse por fisión binaria o reproducción sexual. Suelen infectar a los insectos causando leves infecciones y algunas veces pueden ser la fuente principal de su muerte, aunque pueden estar presentes en sus cadáveres (Guharay 2004).

Para Agrios (1999) las principales características de los géneros de bacterias fitopatógenas son las siguientes:

“*Agrobacterium*. Las bacterias tienen forma de bastón y sus dimensiones son de 0.8 x 1.5 a 3 μ m. Se desplazan por medio de 1 a 4 flagelos peritricos; cuando presentan un soloflagelo, éste con frecuencia es más lateral que polar. Cuando crecen en medios que contienen carbohidratos, estas bacterias producen un abundante mucilaginoso polisacárido. Las colonias no presentan pigmentación y usualmente son lisas. Estas bacterias son habitantes del suelo y de la rizósfera.

Clavibacter (Corynebacterium). Bastones rectos o ligeramente curvos y con dimensiones de 0.5 a 0.9 x 1.5 a 4 μ m. En ocasiones, presentan segmentos irregularmente teñidos o granulosos e hinchamientos en forma de maza. Por lo general, las bacterias son inmóviles, pero algunas especies se desplazan por medio de uno o dos flagelos polares. Gram positivas. Varias especies de *Corynebacterium* producen enfermedades en el hombre y los animales.

Erwinia. Bastones rectos, con dimensiones de 0.5 a 1.0 x 1.0 a 3 μm . Se desplazan por medio de varios a muchos flagelos peritricos. *Erwinias* son las únicas bacterias fitopatógenas que son anaerobias facultativas. Algunas especies de *Erwinia* no producen enzimas pécücas y causan marchitamientos o enfermedades necróticas (como el grupo "*atnylovora*"), mientras que otras presentan una notable actividad pectolítica y causan pudriciones blandas en las plantas (como el grupo "*carotovora*").

Pseudomonas: Bastones rectos o curvos, con dimensiones de 0.5 a 1 x 1.5 a 4 μm . Se desplazan por medio de uno a muchos flagelos polares. Muchas especies son habitantes comunes del suelo o ambiente marinos y de agua dulce. La mayoría de las especies patógenas de este género infectan a las plantas y sólo algunas de ellas a los animales y al hombre. Algunas especies fitopatógenas, como *Pseudomonas syringae* se denominan seudomónadas fluorescentes debido a que, al crecer en un medio nutritivo con bajo contenido de hierro producen pigmentos fluorescentes, de color verde amarillo y con capacidad de difundirse. Otras especies, como *Ps. Solanacearum*, no producen dichos pigmentos y se denominan seudomónadas no fluorescentes.

Xanlhotnonas. Bastones rectos, con dimensiones de 0.4 a 1.0 x 1.2 a 3 μm . Se desplazan por medio de un flagelo polar. Cuando se desarrolla en un medio de agar a menudo son de color amarillo. La mayoría de ellas crecen muy lentamente. Todas las especies son fitopatógenas y se encuentran sólo en asociación con plantas o con órganos de éstas.

Streptomyces. Hifas delgadas y ramificadas que carecen de tabiques celulares con dimensiones de 0.5 a 2 μm en diámetro. Al llegar a la madurez, el micelio aéreo forma cadenas de más de tres esporas. Cuando crecen en medios de cultivo, las colonias son pequeñas (de 1 a 10 mm de diámetro) y al principio su superficie es lisa, pero después forman un tejido de micelio aéreo que puede tener aspecto granular, polvoriento o aterciopelado. Las distintas especies y cepas del organismo producen una amplia variedad de pigmentos que le dan el color al micelio y al sustrato; producen también uno o más antibióticos activos contra bacterias, hongos, algas, virus, protozoarios o tejidos tumorales. Todas las especies habitan en el suelo. Gram positivas.

Xylilla. Bastones rectos, principalmente aislados, con dimensiones de 0.3 x 1 a 4 μm y que, bajo ciertas condiciones de cultivo, forman filamentos largos. Forman colonias pequeñas que tienen bordes lisos o finamente ondulados, Gram negativos, no móviles, sin flagelos, estrictamente aerobios y no pigmentados. Con respecto a su nutrición se consideran

fastidiosas, pues requieren medios nutritivos especiales. Viven en el xilema de las plantas.” (p. 537-538).

2.2.4.2 CONTROL BIOLÓGICO DE INSECTOS MEDIANTE HONGOS ENTOMOPATÓGENOS

Los hongos entomopatógenos son microorganismos que son capaces de infectar a los insectos causándoles enfermedades hasta llevarlos a la muerte. Debido a esta característica se han convertido en una herramienta potencial como agentes de control biológico. La selectividad y especificidad son dos características que destacan a estos hongos debido a que controlan solo a una plaga o bien a plagas muy relacionadas sin llegar a afectar enemigos naturales ni insectos benéficos, manteniendo vivas las poblaciones de parasitoides, depredadores y polinizadores. Otro rasgo importante es su diseminación, ya que tienen la capacidad de multiplicarse y dispersarse a través de los insectos infectados. (Sepúlveda, Gerding, y France 2012).

Los hongos en su mayoría presentan un soma vegetativo similar al de las plantas, compuesto por filamentos microscópicos alargados y ramificados que presentan paredes celulares definidas. Las hifas (soma del hongo) o micelios (filamentos del micelio) pueden estar presentes con un grosor uniforme o bien pueden presentar un grosor variado, algunos hongos tienen un diámetro de sólo 0.5 μm mientras que otros pueden llegar a tener un espesor mayor a 100 μm . En unos hongos el micelio puede estar compuesto por células que contienen uno o dos núcleos, mientras que otros pueden ser cenocíticos y estar compuestos por una célula multinucleada, continua y tubular que puede ramificarse o estar dividido en paredes transversales (septos). Su reproducción se lleva a cabo principalmente mediante la producción de esporas, que son estructuras reproductivas especializadas compuestas por una o varias células. Estas esporas pueden generarse de manera asexual, por medio del micelio sin intervención de procesos sexuales, o por el resultado de un proceso sexual que implica la fusión de dos células reproductivas. Los hongos inferiores producen un tipo de esporas asexuales lenticulares que llevan dentro de una estructura denominada esporangio, la cual se rompe para liberar esporas al exterior, estas esporas se conocen como zoosporas, cuando cuentan con uno o varios flagelos que permiten su desplazamiento. El hongo también produce conidios, esporas asexuales que se originan a partir de células especializadas denominadas conidióforas (Agrios 1999).

2.2.4.3 CONTROL BIOLÓGICO DE INSECTOS MEDIANTE VIRUS ENTOMOPATÓGENOS

Los virus entomopatógenos son agentes infecciosos que contienen ácido nucleico (ADN o ARN) en su genoma y dependen de un hospedante para poder vivir, reproducirse y diseminarse. Se caracterizan por ser patógenos obligados que pueden presentarse de manera natural en la población de insectos produciendo infección a los individuos susceptibles (Guharay 2004).

Según Agrios (1999):

“Los virus de las plantas difieren ampliamente de todos los demás fitopatógenos no solo en tamaño y forma, sino también en la sencillez de su constitución química y estructura física, método de infección, propagación, translocación dentro del hospedero, diseminación y los síntomas que producen sobre el hospedero. Debido a su tamaño pequeño y a la transparencia de su partícula, los virus no pueden observarse ni detectarse mediante los métodos utilizados para otros patógenos. Los virus no son células ni constan de ellas.” (p. 649).

Los virus parasitoides de invertebrados se dividen en dos grupos, los que son visibles ante el microscopio óptico que presentan cuerpos de inclusión de naturaleza proteica como los baculovirus (el virus de poliedrosis nuclear VPN, y el virus de granulosis VG, los virus de poliedrosis citoplasmática VPC y los Entomopoxvirus) y los que solo pueden apreciarse ante un microscopio electrónico, como los Oryctesrhinocerus entre otros (Guharay 2004).

2.3.4.4 CONTROL BIOLÓGICO DE INSECTOS MEDIANTE NEMATODOS ENTOMOPATÓGENOS

Guharay (2004) define nematodos como:

“organismos no segmentados, más o menos cilíndricos o elongados y referidos como gusanos redondos o con forma de anguila, presentan cuerpos lisos. Tienen un sistema excretor, nervioso, digestivo, reproductivo y muscular, pero, no tienen sistema circulatorio o respiratorio. El tracto alimenticio consiste de una boca seguida por la cavidad bucal o estoma, esófago, intestino, recto y ano. Los sexos son usualmente separados.” (p. 74).

Al introducirse en el interior de los insectos, los nematodos liberan una que se encuentra en su intestino, la cual se encarga de descomponer la hemolinfa para adecuar una dieta y crear las

condiciones para que los nematodos lleven a cabo su desarrollo. La bacteria se multiplica hasta lograr la muerte del insecto dentro de 24 a 48 horas, durante este lapso de tiempo se pueden producir de 2 a 3 generaciones de nematodos de los cuales emergerán los juveniles infectivos (France 2009).

NEMATODOS DE LA FAMILIA STEINERNEMATIDE

Las especies más importantes de nematodos de esta familia y sus bacterias simbióticas son *Steirnerma cariocapae* con *Xenorhabdus nematophilus*, *Steirnerma feltiae* con *X. bovicornii* y *Steirnerma glaseri* con *X. poinarii*. Estos organismos tienen una gran capacidad de adaptación de ambientes, condiciones adversas y son específicos para controlar insectos. Los machos se caracterizan por no tener bursa, tienen de 21 a 23 papilas genitales, su estoma es corto y ancho, además poseen un esófago compuesto con cuerpo cilíndrico. Estos organismos son obligados y matan a su hospedante luego de un lapso de aproximadamente 2 días luego de haber reproducido de 2 a 3 generaciones. Su ciclo de vida se puede llevar a cabo entre 7 a 10 días a temperatura ambiental luego de la infestación (Guharay 2004).

NEMATODOS DE LA FAMILIA HETERORHABDITIDAE

La especie más importante de esta familia *Heterorhabditis bacteriophora* que se asocia con la bacteria *Photorhabdus luminescens*, esta especie es efectiva contra la gallineta ciega. Estos son organismos obligados que producen 2 generaciones dentro del insecto, la primera generación es hermafrodita mientras que la segunda amphimictica lo cual implica la participación de hembras y machos. Los machos presentan bursa, cuentan con espículas apareadas y separadas, poseen seis labios de papilas genitales, además tienen la característica de parasitar la mayoría de ordenes de insectos. Pueden cumplir su ciclo dentro del insecto entre 12 a 15 días a temperatura ambiente (Guharay 2004).

2.2.4.5 CONTROL BIOLÓGICO DE INSECTOS MEDIANTE DEPREDADORES

Los depredadores son organismos invertebrados que se alimentan de una gran variedad de presas en su estado ninfal o adulto. Estos depredadores son generalmente más grandes que sus presas y no tienen preferencias específicas en cuanto a la elección de presas. Se alimentan de especies abundantes y no son efectivos para controlar poblaciones de presas a baja densidad, pero desempeñan un papel importante en el control natural de plagas (Guharay 2004). Algunos depredadores de gran importancia son las crisopas, algunas especies de Catarinas y chinches, entre otras.

CRISÓPIDOS. Neuroptera: chrysopidae

los adultos de este grupo de depredadores tienen una coloración verdosa, miden aproximadamente 15 mm de longitud, cuentan con un par de alas membranosas transparentes con numerosas nervaduras marcadas y un aparato bucal masticador. Oviposita sus huevecillos en la extremidad de un pedicelo, se tornan de color verde luego de la oviposición y posteriormente se tornan de color oscuro conforme lleva a cabo su desarrollo, por último, al eclosionar toman un color blanco. Estos insectos depredan en estado larval, estas son campodeiformes y algunas tienden a cargar basura sobre ellas, se alimentan de pulgones, trips, chicharita, mosquita blanca, entre otros. El ciclo de vida de estos insectos depende en gran medida de su alimentación y las condiciones ambientales, más sin embargo dura aproximadamente 5 días en estado embrionario, 10 días en fase larval y 11 días en capullo, además las hembras pueden colocar más de 1200 huevecillos a lo largo de su ciclo (Nájera Rincón y Souza 2010).



Figura 6. Chrysopidae (Nájera Rincón y Souza 2010)

CHINCHE PIRATA. Hemiptera: Orius insidiosus, Orius tristicolor.

Son especies con una amplia distribución mundial que pueden presentar varias generaciones alrededor del año, los adultos tienen forma oval, miden de 1.7 a 3 mm, poseen alas negras con manchas blancas. En estado inmaduro son muy pequeños, no cuentan con alas y son de color amarillo-anaranjado. Su desarrollo de huevo a adulto aproximadamente dura 20 días mientras que su estado adulto puede llegar a durar hasta 35 días y son capaces de poner en promedio 130 huevecillos. Su alimentación se basa en succionar los líquidos interiores de sus presas las cuales son trips, pulgones, ácaros, ninfas de mosquita blanca, entre otros (Nájera Rincón y Souza 2010).



Figura 7. chinche pirata (Nájera Rincón y Souza 2010).

CATARINITA ROJA. Coleoptera: *Cycloneda sanguinea*

Esta especie es originaria de América y es uno de los depredadores más potenciales para el control de pulgones ya que en su estado larval puede llegar a consumir 200 pulgones mientras que en su estado adulto consume alrededor de 20. Su ciclo biológico dura aproximadamente 30 días y la longevidad de los adultos es de 62 días, las hembras depositan de 40 a 60 huevecillos con una viabilidad de 90 % y 100% (Nájera Rincón y Souza 2010).



Figura 8. larva de ctarinita roja (Nájera Rincón y Souza 2010).

CATARINITA. Coleoptera: *Hippodamia convergens*

Se alimentan principalmente de pulgones llegando a consumir hasta 170 por día, los escarabajos adultos pueden medir entre 4 a 8 mm de longitud y de 2.5 a 4.9 de ancho, su pronoto es negro con dos manchas blancas amarillentas, los élitros son anaranjados con seis manchas negras a cada lado, por otra parte, las larvas son campodeiformes de color negro o bien pardo oscuro con manchas anaranjadas. Su ciclo de vida dura aproximadamente entre 28 y 33 días, su reproducción dependerá en gran medida del tamaño de la hembra, su alimentación y las condiciones de temperatura a las que este expuesta, pueden depositar de 10 a 50 racimos de huevecillos, con una capacidad de hasta 1500 huevecillos (Nájera Rincón y Souza 2010).



Figura 9. larva de Hippodamia convergens (Nájera Rincón y Souza 2010).

2.2.4.6 CONTROL BIOLÓGICO DE INSECTOS MEDIANTE FEROMONAS Y ATRAYENTES

Las feromonas son sustancias químicas secretadas por los organismos, con el fin de provocar comportamientos específicos en otros individuos de la misma especie. Son semioquímicos, sustancias químicas que transmiten señales de forma química que alteran el comportamiento de otros organismos, generalmente insectos. Juegan un papel importante como componente de las MIP, estas pueden emplearse para monitorear los niveles de población de determinadas plagas para identificar las densidades y así tomar decisiones sobre los metas de combate a utilizar e incluso pueden usarse como trapeo masivo para reducir la población (Guharay 2004).

2.3.4.7 CONTROL BIOLÓGICO DE INSECTOS MEDIANTE EXTRACTOS BOTÁNICOS

Las plantas se protegen contra los insectos herbívoros empleando una combinación de mecanismos directos e indirectos. Los mecanismos directos se presentan de manera inherente en la planta dificultando la alimentación, reproducción y crecimiento del insecto. Por otra parte, los mecanismos indirectos son inducidos en respuesta al daño mecánico producido por el insecto o bien por los compuestos químicos que produce durante el ataque. Gracias a estos mecanismos de defensas se han implementado algunas plantas o compuestos de éstas con propiedades de repelente como alternativas sostenibles para el control de plagas (Zumbado y Azofeifa 2018).

2.2.4.8 CONTROL BIOLÓGICO DE INSECTOS MEDIANTE PARASITOIDES

Los parasitoides son insectos que ovipositan sus huevecillos dentro de otro insecto o bien en sus huevos donde se alimenta y desarrolla, causando su muerte gradualmente.(Zumbado y Azofeifa 2018). Por su parte, Agrios (1999) define “Un parásito es el organismo que vive ya sea fuera o dentro de otro organismo, del cual obtiene su alimento. A la relación que se establece entre un parásito y su hospedante se denomina parasitismo.” (p. 40).

TRICHOGRAMA. Hymenoptera: *Trichogramma spp.*

Es uno de los parasitoides más importantes para el control de lepidópteros, tienen una longitud de 0.5-0.8 mm, son de color amarillo con marcas pardas en el mesosoma y dorso de los fémures, los machos tienen una coloración parda más extensa y los ojos son de color rojo. La hembra es atraída por las feromonas sexuales de las polillas hospedantes cuando oviposita sus huevecillos, una vez que la avispa los parasita a partir del tercer o cuarto día cambian de color blanco a negro, las larvas se desarrollan dentro del huevecillo durante un periodo de 10 a 12 días emergiendo primero los adultos machos (Guharay 2004). Son endoparasitoides de huevos de mariposas, chinches, escarabajos, trips, moscas, entre otros. Sin embargo, el parasitismo en algunos lepidópteros es mínimo debido a cierta protección que crean en sus huevecillos (Nájera Rincón y Souza 2010).



Figura 10. *Trichogramma* parasitando huevecillos (Nájera Rincón y Souza 2010).

2.3 METODO CLASICO

Este método consiste en la introducción de enemigos naturales como parasitoides y predadores, con el fin de controlar tanto insectos como microorganismos manteniendo una proporción 1:10. Es una estrategia utilizada eficientemente en casos donde la plaga ha colonizado nuevas zonas y por ende sus enemigos naturales no se encuentran en el lugar (Nava Galicia, Soley Berenice; Bibbis Martínez 2017).

Viñuela y Jacas (1993) señalan que el método clásico:

“consiste en la importación de enemigos naturales de otras partes del mundo y en su establecimiento en un nuevo ambiente, a largo plazo, para controlar plagas naturalizadas, es decir, que no son autóctonas, pero que han llegado a la zona en cuestión accidentalmente, se han aclimatado a ella y se han convertido en problema al no haber llegado acompañadas de sus enemigos naturales, que sí estaban presentes en su país de origen.” (p.3).

2.4 TÉCNICA DE INOCULACIÓN

La técnica de inoculación implica la liberación controlada de un número limitado de artrópodos específicos en el invernadero. Esta estrategia se utiliza cuando la plaga no ha alcanzado niveles críticos, con el objetivo de controlarla desde el inicio y permitir que los artrópodos se reproduzcan y multipliquen para erradicar la plaga a largo plazo (Nava Galicia, Soley Berenice; Bibbis Martínez 2017).

Según Viñuela y Jacas (1993) este método:

“implica la liberación de enemigos naturales, ya sean importados o no, y la manipulación ambiental para favorecer el incremento de sus poblaciones. Esta estrategia trata, por tanto, de aumentar rápidamente los niveles poblacionales de los enemigos naturales, ya que de forma espontánea tardarían demasiado en hacerlo o no llegarían nunca a los niveles necesarios para controlar efectivamente la especie plaga.” (p.4)

2.5 ORIGEN DEL PIMIENTO

El pimiento, conocido también como chile, ají o morrón, es un cultivar de la especie *Capsicum annuum*. Sus variedades presentan frutos de colores diversos: blanco, amarillo, naranja, verde, rojo, púrpura oscuro y marrón. Además, es una rica fuente de vitamina C y antioxidantes, con niveles significativamente mayores en los pimientos rojos, que contienen nueve veces más caroteno y el doble de vitamina C que los verdes (Koopert 2024a). El pimiento llegó a España tras el regreso de Colón de las Américas en 1493 y luego se difundió por Europa, Asia y África. Su adopción como condimento desplazó a la pimienta negra (*Piper nigrum* L.), un producto clave en el comercio entre Oriente y Occidente (Panduro 2015). Su capacidad para adaptarse a diversos climas y suelos ha facilitado su expansión geográfica. Desde la época prehispánica, el chile y sus derivados han tenido múltiples usos que trascienden su valor como condimento. Aunque México sigue siendo un productor importante, enfrenta desafíos técnicos y biológicos que lo han colocado en desventaja en comparación con productores asiáticos (Aguirre Hernández y Muñoz Ocotero 2015).

El género *Capsicum*, perteneciente a la familia Solanaceae, tiene sus raíces en América, específicamente en las regiones tropicales y subtropicales de México, Perú y Bolivia. Tras su introducción en Europa en el siglo XV, se expandió globalmente. Actualmente, se reconocen alrededor de 25 especies, aunque solo cinco son ampliamente conocidas: *Capsicum annuum* (pimiento y ajíes), *Capsicum chinense* (ají habanero), *Capsicum frutescens* (ají Tabasco), *Capsicum baccatum* (ají Andino) y *Capsicum pubescens* (Rocoto) (Díaz Yubero 2019). El término "chile" proviene del náhuatl "chilli" o "xilli" y se utiliza en México para describir todos los frutos del género *Capsicum*, en Sudamérica se les conoce como "ají", un término adoptado por los españoles desde la época colonial. La historia del chile está profundamente entrelazada con la historia de América, dado que los viajes de finales del siglo XV y principios del XVI buscaban obtener especias, no es sorprendente que el *Capsicum* haya sido rápidamente aceptado y diseminado en el Viejo Continente, a diferencia de otras plantas comestibles americanas que tardaron décadas en ser adoptadas por los europeos (Aguirre Hernández y Muñoz Ocotero 2015).

2.5.1 TAXONOMÍA

La clasificación taxonómica simplificada del pimentón es la siguiente:

Orden: Solanales

Familia: Solanáceas

Sub-familia: Solanoideae

Tribu: Solaneae

Género: Capsicum

Especie: Annuum

La taxonomía dentro del género es compleja, debida a la gran variabilidad de formas existentes en las especies cultivadas y a la diversidad de criterios utilizados en la clasificación (Fornaris 2022).

2.5.2 REQUERIMIENTOS CLIMATICOS

Uno de los factores que influye con gran magnitud en el desarrollo de los cultivos de pimientos es el clima, este juega un papel importante debido a los cambios que se han tenido actualmente. El pimiento requiere un clima cálido para crecer óptimamente, necesitando temperaturas diurnas entre 20-25°C y nocturnas entre 16-18°C. Por debajo de 15°C, el crecimiento es muy lento; entre 8-10°C, los procesos vegetativos se detienen, lo que lleva a la formación de frutos pequeños y de baja calidad. Si la floración ocurre a 12°C y persiste durante dos días, se desarrollan frutos partenocárpicos (Yagudin. 2018).

2.5.3 DESCRIPCIÓN BOTANICA

Planta

La planta generalmente crece de forma erecta, aunque existen algunas variedades casi rastreras, con una altura que varía entre 2 y 5 pies. Sus tallos son angulosos al principio y se vuelven cilíndricos a medida que maduran, tornándose leñosos en la base. Su desarrollo es mayormente semi-indeterminado, con una ramificación abundante. El tallo principal de la mayoría de las variedades comerciales de esta especie genera entre 8 y 15 hojas antes de que florezca por primera vez, momento en el que comienza a ramificarse, dividiéndose en dos o

tres ramas en su extremo. Cada una de estas ramas produce una o dos hojas, culminando en una flor, y luego se divide nuevamente en dos ramas secundarias. Este patrón de ramificación se repite sucesivamente. Las hojas son alternas, simples, de forma ovada o a veces casi lanceoladas, con una punta aguda o que se estrecha gradualmente hacia un extremo puntiagudo. Su base es cuneiforme o aguda, y los pecíolos miden entre $\frac{1}{4}$ y 1 pulgada de largo. La lámina, de grosor delgado y márgenes lisos, varía considerablemente en tamaño (de 1 a 5 pulgadas de largo) y tiene poca o ninguna vellosoidad (Fornaris 2022).

Fruto

Según Eva Aguirre Hernández y Verónica Muñoz Ocotero "El fruto, en donde se encuentran las semillas, es una baya hueca carnosa o semicartilaginosa, puede alcanzar distintos tamaños, desde poco menos de 1 cm hasta 30 cm de largo, y su forma va de lo redondo a lo alargado, en colores que oscilan de distintos tonos de amarillo y verde en estado inmaduro, a rojo y hasta café al madurar." (Pag.19).

Flores

Posee flores son hermafroditas y solitarias de tamaño mediano que se ubican en la bifurcación de las ramificaciones. Están conformadas por un cáliz verde tubular, una corola formada por pétalos blancos, el androceo formado por estambres cada uno constituido por un filamento que en su extremo cuenta con dos lóbulos o tecas y dos sacos polínicos que contienen los granos de polen. Las tecas poseen dehiscencia longitudinal, por lo tanto, cada órgano es pentámero. Además, el gineceo se encuentra soldado en los nectarios y en el extremo se encuentra el estigma cubierto con una epidermis que lo divide de un exudado para llevar a cabo una mejor integración con los granos de polen (Del Pinto 2022).

2.5.4 ENFERMEDADES QUE ATACAN EL CULTIVO DE PIMIENTO

2.5.4.1 ENFERMEDADES DE LA RAÍZ

Sancocho ("damping-off")

La enfermedad del "sanchocho" o "damping-off" es causada por hongos del suelo como *Phytophthora*, *Rhizoctonia* y *Pythium*. Sus síntomas incluyen la pudrición y muerte de plántulas antes de emerger, luego de la emergencia presenta lesiones necróticas en los tallos con una apariencia acuosa y pudrición de raíces. Los hongos responsables sobreviven en

residuos de cosecha o bien convirtiéndose en estructuras especializadas llamadas esclerocios. Esta enfermedad se propaga por diversas acciones como las gotas de lluvia, las escorrentías producidas en el terreno, las semillas o suelos que pueden llegar a estar infectados, así como por los trabajos realizados por los trabajadores. Una alta densidad de plántulas, las altas humedades del suelo, la falta de aeración y las temperaturas moderadas son condiciones que pueden favorecer la actividad de esta enfermedad (Rosa 2005).

Fusarium oxysporum f.sp. vasinfectum W.C. Snyder y H.N.

Hansen Nombre común: Marchitez, Pudrición de la Corona Se caracteriza por una rápida marchitez o amarillamiento parcial o total de la parte aérea de la planta.

Las plantas infectadas con este hongo presentan manchas necróticas con una consistencia acuosa que puede extenderse por los tejidos vasculares o bien por la raíz de la planta. Este hongo puede persistir por largos periodos de tiempo en el suelo y se diseminan inicialmente por el escurrimiento superficial producido por el exceso de riego, por el mal drenaje del suelo y por el contacto con tierra infectada en las herramientas de trabajo o en la maquinaria. Para el control de la enfermedad se debe tener un buen manejo de la humedad en el suelo, mantener una rotación de cultivo con especies menos susceptibles para disminuir la carga del inóculo, utilizar semillas desinfectadas y tratamientos previos a la plantación (Soto, Agrónoma, y Sc 2018).

2.5.4.2 ENFERMEDADES DE LA FRUTA (ANTES Y DESPUÉS DE LA COSECHA)

Pudrición por *Alternaria* (*Alternaria rot*)

Los síntomas provocados por el hongo *Alternaria tenuis* se manifiestan como pequeñas lesiones circulares de aspecto acuoso y color verde grisáceo, con un borde distintivo. Estas lesiones pueden ser superficiales o ligeramente hundidas y pueden aparecer en cualquier parte de la fruta, incluido el cáliz. A medida que las lesiones crecen, tienden a oscurecerse e incluso pueden volverse negras. En esta fase de la infección, las lesiones son visiblemente hundidas y pueden estar parcial o completamente cubiertas por un micelio gris. En condiciones de alta humedad, una masa aterciopelada de color verde olivo puede cubrir la lesión. La pudrición causada por *Alternaria* puede presentarse en tejidos que han sufrido daños fisiológicos debido a la exposición al sol o a temperaturas muy bajas, tanto en el campo

como durante el almacenamiento, siendo este último el factor más influyente. También se dan casos de pudrición interna cuando la fruta se contamina a través de la cicatriz de la flor durante su formación (Rosa 2005).

Pudrición por *Cladosporium* (*Cladosporium rot*)

Inicialmente, *Cladosporium herbarum* causa lesiones de un tono marrón claro en los pimientos. Con la progresión de la enfermedad, estas lesiones se vuelven más oscuras, adquiriendo un color marrón oscuro o negro, y presentando bordes marrones claro. En condiciones de alta humedad, las lesiones pueden estar cubiertas por una densidad de esporas de color verde oliva, que tienen una textura aterciopelada. Este patógeno puede ingresar a través de las heridas. El tejido afectado en su interior muestra una textura esponjosa y un tono marrón grisáceo. El desarrollo de estas lesiones tiene lugar lentamente.

Manejo de la enfermedad de manera efectiva:

- Evita dañar las frutas y sigue prácticas adecuadas de higiene.
- Es importante mantener las frutas a temperaturas que oscilen entre 45° y 50° Fahrenheit tanto durante el transporte como en el almacenamiento.
- Durante la comercialización de las frutas, es importante mantenerlas alejadas de temperaturas por debajo de los 45° F (Rosa 2005).

Antracnosis (anthracnose)

El hongo *Colletotrichum capsici* afecta a las frutas de diferentes tamaños, aunque es más frecuente en las maduras. Los primeros síntomas son pequeñas manchas acuosas que pueden variar de tamaño, llegando hasta media pulgada de diámetro. Con el tiempo, estas lesiones se oscurecen, se hunden y adquieren una forma circular con un borde bien definido. Bajo condiciones de humedad, el centro de las manchas se cubre con una masa viscosa de esporas de color anaranjado-rosa. En ocasiones, estas manchas se fusionan, formando grandes áreas necróticas. Los síntomas más distintivos de la enfermedad en las frutas son las depresiones de color negro y los puntos oscuros dispuestos en círculos concéntricos, que corresponden a las estructuras reproductivas del hongo. Este patógeno puede sobrevivir en semillas, restos de cosechas anteriores y maleza huésped. Su desarrollo se favorece a una temperatura de 80°F (27°C), así como por la lluvia, la alta humedad relativa y el riego por aspersión. Para

controlar la enfermedad, se recomienda utilizar semillas saludables, realizar rotación de cultivos, sembrar en suelos bien drenados y eliminar los restos de cosecha infectados. Cuando se detectan los primeros síntomas, las frutas afectadas deben desecharse de inmediato. Además, es fundamental manejar las frutas con cuidado para evitar lesiones mecánicas (Rosa 2005).

2.5.4.3 ENFERMEDADES CAUSADAS POR BACTERIAS

Xanthomona campestris* pv. *vesicatoria

Nombre común: Mancha Bacteriana

Una de las características principales que presentan las plantas infectadas por esta bacteria es el atizonamiento y la defoliación, las hojas presentan manchas necróticas con un halo amarillo, por otra parte, las frutas presentan pequeñas manchas necróticas con un halo oscuro. Las temperaturas cálidas y los climas lluviosos son factores que favorecen la presencia de esta bacteria y sobreviven en suelos asociados a restos del cultivo infectado. Es diseminado por el salpicamiento de lluvia, el escurrimiento y las semillas infectadas. Una de las técnicas para controlar esta enfermedad es la rotación de cultivo con especies resistentes, usando semillas desinfectadas y realizar aplicaciones al follaje con productos a base de cobre (Soto et al. 2018).

Marchitez bacteriana (bacterial wilt)

La marchitez bacteriana en pimiento es provocada por la bacteria *Ralstonia solanacearum* (anteriormente conocida como *Pseudomonas solanacearum*). Aunque los pimientos son menos vulnerables a esta enfermedad que otros cultivos como el tomate, la berenjena, la papa, el tabaco o el guineo, aún pueden verse afectados. La enfermedad puede manifestarse de manera dispersa en el campo, en grupos de plantas o en ejemplares aislados, especialmente en áreas con alta humedad. El primer signo de la enfermedad en plantas adultas es una leve marchitez en las hojas inferiores de la planta, mientras que, en las plantas jóvenes, los síntomas se observan en las hojas de la parte superior. Después de algunos días, las plantas afectadas pueden experimentar un marchitamiento repentino, total e irreversible, sin que siempre se produzca el amarillamiento de las hojas antes de la muerte de la planta. Se puede observar un deterioro del tejido externo en la base del tallo, cerca del suelo. Si se corta

transversalmente esa zona, el tejido vascular del tallo infectado adquiere un color pardo oscuro. Al sumergir el área cortada en un recipiente con agua transparente, es posible ver un exudado bacteriano de consistencia viscosa saliendo del tallo. Esta bacteria tiene la capacidad de sobrevivir en el suelo durante largos períodos, así como en los restos de cosecha y en malezas. Las condiciones de temperatura entre 86 y 95°F y suelos con alta humedad favorecen el desarrollo de la enfermedad, ya que bajo estas condiciones la bacteria se libera en el suelo a medida que la planta se va marchitando. También se puede encontrar la bacteria en el agua de riego. Para controlar esta enfermedad se recomienda evitar sembrar en suelos con antecedentes de la enfermedad, es aconsejable realizar rotación de cultivos con especies que no sean hospedadoras durante un periodo de 3 a 5 años para reducir las poblaciones bacterianas en el suelo. Además, es fundamental destruir todo material infectado y aplicar buenas prácticas de higiene, desinfectando adecuadamente las herramientas utilizadas en el cultivo (Rosa 2005).

2.5.4.4 ENFERMEDADES CAUSADAS POR VIRUS

Virus del mosaico del pepinillo (CMV)

Este virus provoca la aparición de mosaicos severos en las hojas de la planta de pimiento. A veces, las hojas maduras muestran zonas muertas en forma de anillos, y las plantas cercanas pueden presentar mosaicos que varían de leves a moderados. Además, el virus puede causar deformaciones en la fruta. En los pimientos verdes, se pueden observar anillos concéntricos amarillos y/o manchas. Si la infección ocurre en etapas tempranas del desarrollo, tanto la cantidad como la calidad de la fruta se ven comprometidas. Este virus es transmitido principalmente por el áfido verde del melocotón (*Myzus persicae*) y afecta a varias especies de malezas perennes, es importante eliminar y desechar los restos de cosechas infectadas. Asimismo, se debe implementar un programa eficaz para controlar los áfidos y las malezas (Rosa 2005).

Virus del mosaico del tabaco (TMV)

Las plantas infectadas por este virus presentan un follaje con mosaicos pronunciados, acompañados de arrugamiento y disminución del tamaño de las hojas. En las hojas jóvenes, se observa un amarillamiento notorio en las venas, mientras que las hojas adultas caen prematuramente. La producción se ve afectada, ya que pocas frutas logran formarse, y las

que se desarrollan son pequeñas o deformes. Muchas variedades de pimiento son resistentes a este virus. La transmisión de este virus ocurre mecánicamente durante las labores culturales a través de las herramientas de trabajo, el equipo de campo, los residuos de cosecha en el suelo y las semillas. En comparación con otros virus, el TMV es uno de los más infecciosos y persistentes, ya que soporta el calor y puede conservar su capacidad infectiva en condiciones secas durante varios años. es fundamental establecer un programa adecuado de prácticas sanitarias y culturales. También se debe eliminar y desechar los restos de cosecha infectados (Rosa 2005).

2.5.4.5 PLAGAS QUE ATACAN AL CULTIVO

ACARO BLANCO (*Polyphagotarsonemus latus*)

Especie polífaga que ataca cultivos de chile, cítricos, pepino, frijol, tomate, pera, papa, algodón, melón, entre otros. En estado adulto presenta una forma oval con la parte frontal más ancha y las hembras suelen ser más grandes con una línea blanca muy fina que la recorre longitudinalmente a lo largo de su cuerpo, además, su último par de patas finaliza en un pelo largo y son más delgadas. Por otra parte, las últimas patas del macho son grandes y finalizan en una uña fuerte. Ambos son de color ámbar o verde amarillo traslucido, su propodosoma tiene 4 pares de setas dorsales, sus papilas genitales son de 24 µm de largo y 28 µm de ancho (Néstor Bautista Martínez 2023).

Atacan principalmente los brotes hasta llegar a provocar la proliferación de las yemas, producen deformación en las hojas nuevas presentando manchas negras aceitosas en la superficie inferior produciendo una apariencia irregular hasta lograr atrasar el crecimiento. Cuando el daño es avanzado las yemas se secan, los frutos maduros presentan manchas plateadas-bronceadas mientras que los frutos inmaduros tienden a deformarse y detener su crecimiento. Las hojas que sobreviven se deforman y comúnmente suelen confundirse con daños de virosis, deficiencia de boro, daño por herbicidas o bien desordenes fisiológicos (Estay P y Vitta 2018).



Figura 11. Macho transportando ninfa quiescente de la hembra (Estay P y Vitta 2018).

ARAÑA ROJA (*Tetranychus sp.*)

Cuenta con alrededor de 3,877 especies hospedantes, sus huevos son esféricos de color blanquecinos, conforme llevan a cabo su desarrollo se van tornando de color rojizos o bien cafésosos, pueden tener un diámetro de 0.1 a 0.15 mm. Las larvas al emerger se presentan incoloras cambiando a un color amarillo o rozado con respecto a la alimentación que tengan, por otra parte, la protoninfa y deutoninfa poseen cuatro pares de patas, manchas oscuras en sus laterales y pueden ser de color amarillento o rojizas. Los adultos machos son más pequeños que las hembras, poseen numerosas setas y cuatro pares de patas, el color de ambos puede variar de verde, amarillento, rojo oscuro, rojo carmín o anaranjado con dos manchas oscuras dorsolaterales. Comúnmente oviposita sus huevecillos en el envés de la hoja sobre una capa densa de telaraña, pone de 5 a 6 huevos por día, llegando a ovipositar durante su ciclo de 60 a 120 huevecillos. Dependiendo la temperatura los huevecillos pueden eclosionar a los 3 días a 30°C, a esa misma temperatura la larva dura de 1 a 2 días al igual que la protoninfa y deutoninfa, las cuales pasan por un periodo de inactividad de 1 a 1.5 días. Las etapas inmaduras a 28°C de día y 15°C de noche pueden durar 16 días, la longevidad de los adultos a 21°C es de 30.6 días. Por otra parte, si la hembra fue fecundada podrá producir descendencia de ambos sexos pero si no lo fue, solo podrá producir machos (Néstor Bautista Martínez 2023).

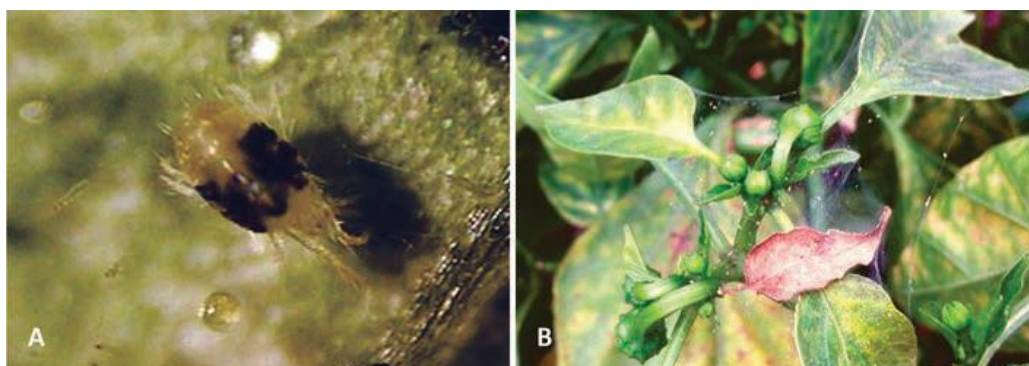


Figura 12. Araña bimaculada en pimienta. (A) se distinguen 2 manchas oscuras en el dorso y cubiertas de pelos. (B) Presencia de tela producida por la araña en planta de pimienta (Estay P y Vitta 2018).

PICUDO DEL CHILE (*Anthonomus eugenii*)

Los huevecillos son de color blanco y posteriormente se tornan amarillentos, son de forma ovalada llegando a medir 0.53mm de largo y 0.4mm de ancho. Las larvas son de color blanco

cremoso con un cabeza marrón amarillento, por otra parte, las pupas al igual que las larvas inicia de color blanco para luego tornarse de color amarillento. Los adultos cuando recién emergen son de color café claro, obscureciendo a los 2 o 3 días. Su cuerpo es ovalado, miden de 2.0 a 3.5 mm de largo y 1.8 mm de ancho. Pueden llegar a ovipositar hasta 9 huevecillos por día que eclosionan en 3 a 5 días, llegando a colocar hasta 500 huevecillos en un periodo de oviposición de un mes. Por lo general colocan un huevo por fruto o flor, sin embargo, en altas infestación pueden llegar a observarse más de un individuo. El desarrollo de las larvas se lleva a cabo de 12 a 17 días durante los cuales pasan por tres instares, cuando son depositados en flores se alimentan del polen y cuando se depositan en las frutas se alimentan de sus tejidos internos. Por otra parte, la pupa se desarrolla en un lapso de 3 a 6 días. A temperaturas de 21°C el ciclo dura alrededor de 3 semanas mientras que a 15°C puede llegar a durar hasta 6 semanas. Los daños son producidos por las larvas que se alimentan de los botones florales o los frutos inmaduros, los frutos presentan el pedúnculo amarillento y cenizos, provocan su caída o bien se marchitan, además sus semillas y tejidos se encuentran necrosados (Néstor Bautista Martínez 2023).

MOSCA BLANCA (*Bemisia tabaci*)

Sus huevos se presentan de color blanco-amarillento de forma alargada, las ninfas se presentan de color amarillo-verdosa, presenta un orificio vasiforma de forma triangular con lados casi rectos, su llingula se presenta de manera espatulada conformada por dos sectas caudales con una porción distal con apariencia rugosa. Su séptimo segmento abdominal tiene una longitud reducida en su parte media está cubierta con bolsas. Los adultos son de color blanco con medidas de 1.0 a 2.0 mm de longitud, poseen antenas filiformes con 7 segmentos, sus ojos son compuestos con un par de ocelos. En sus patas metatorácicas tiene espinas fuertes de forma aleatoria y peines metatibiales. Coloca sus huevecillos aislados en el envés de la hoja cubiertos con una secreción cremosa blanca, aproximadamente puede ovipositar 3000 huevos que pueden eclosionar en 6 o 7 días, las ninfas desarrollan 4 instares en 8 o 13 días. Cuando la infestación es muy alta puede ocasionar una disminución en el crecimiento y rendimiento, deformación en los tejidos vegetales, su secreción puede llegar a producir fumagina. Así pues, al alimentarse inyectan toxinas que pueden producir alteraciones fisiológicas en los tejidos y son capaces de transmitir virus (Néstor Bautista Martínez 2023).

PIOJO ARINOSO (*Planoccocus citri*)

La hembra adulta se presenta de forma oval, posee una serie de 18 pares de cerarios con un par más largo en la parte final del cuerpo, sus patas son largas de color marrón, así como poros translucidos en las coxas posteriores y tibias. Por otra parte, los machos solo poseen un par de alas y no tienen piezas bucales. La hembra deposita los huevecillos en lugares cubiertos ya sea entre frutos, hojas o bien en el tallo, puede llegar a depositar en promedio 29 huevos por día, llegando a depositar entre 300 a 600 durante toda su vida. Dependiendo de la temperatura los huevecillos pueden eclosionar en 6 a 10 días, el desarrollo de las ninfas se puede llevar a cabo de 6 a 10 semanas, durante este tiempo las ninfas hembras pasan por 4 instares mientras que los machos pasan por 3 instares y una etapa prepupa. Las hembras pueden llevar a cabo su ciclo de vida en 29 días, por otra parte, los machos al no poder alimentarse pueden llegar a vivir 1 o 2 días (Néstor Bautista Martínez 2023).



Figura 13. Foto de piojo arinoso

2.6 ANTECEDENTES

a. Fluctuación poblacional de Insectos fitófagos asociados al cultivo de Quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.) en La Molina, Lima. Publicado por Universidad Nacional Agraria La Molina, en su repositorio UNALM-Institucional en el año 2021. Tesis de maestría hecha por Soca Flores y Melva Nelly en Lima-Perú. Para obtener el grado de Magister Scientiae en Entomología. Los objetivos del presente trabajo fueron determinar la fluctuación poblacional de insectos fitófagos en el cultivo de quinua (*Chenopodium quinoa*), caracterizar el daño producido, determinar la presencia de insectos predadores y parasitoides y determinar el porcentaje de parasitoidismo en insectos fitófagos. Las evaluaciones se realizaron en una parcela de 3432 m², en los campos de cultivo del INIA, La Molina-Lima, del 21 de junio al 27 de setiembre, 2014. Se evaluó cada siete días empleando las técnicas de trampas de caída, evaluación por órgano de planta, paso de la red entomológica y colecta de hojas minadas en el tercio medio de la planta. El manejo y procesamiento de muestras obtenidas en campo, montaje, identificación y etiquetado se realizaron en el laboratorio, finalmente las muestras identificadas pasaron a formar parte de la colección del Museo de Entomología Klaus Raven Büller (MEKRB). Se registró seis especies fitófagas importantes, *Liriomyza huidobrensis*, *Prodiplosis longifila*, *Myzus persicae*, *Macrosiphum euphorbiae*, *Frankliniella occidentalis* y *Nomophila indistinctalis*; siendo las dos primeras las más importantes. *L. huidobrensis* se presentó durante todo el desarrollo del cultivo, cuyas larvas realizaron minas en hojas, registrando la densidad poblacional más alta en la etapa de panojamiento; *P. longifila* se presentó hasta la etapa de ramificación, las larvas realizaron raspaduras en los brotes principales, ocasionando panojas pequeñas y deformes. Los insectos benéficos más importantes por su frecuencia y abundancia fueron los predadores *Chrysotus* sp. B, *Chrysotus* sp. A, *Blennidus peruvianus* y *Rhinacloa pallidipes*, y los parasitoides *Halticoptera arduinae*, *Chrysocharis* sp. A, *Diglyphus* sp. A. y *Aphidius colemani*, los tres primeros parasitaron larvas de *L. huidobrensis*, logrando valores de hasta 55.88% hacia el final del cultivo; mientras que *A. colemani* fue registrado principalmente sobre *M. persicae* y ocasionó hasta un 83 % de parasitoidismo en etapa de floración.

b. Estudio de la efectividad de los parasitoides *Diaeretiella rapae* y *Aphidius colemani* sobre el pulgón en pimiento, y su introducción en plantas banker. Publicado por Universitat Politècnica De València, Escuela Técnica Superior De Ingeniería Agronómica Y Del Medio Natural, en julio del año 2019. Tesis hecha por Julio Quilis Sandemetro y Rafael Laborda Cenjor en Valencia, para obtener el cargo de Master Universitario En Ingeniería Agronómica. El objetivo del proyecto es establecer una estrategia de lucha biológica contra el pulgón en pimiento bajo tunelillo mediante el uso de plantas banker. El ensayo se realizará en una finca de Alcácer de la empresa “Saifresc”, dedicada al cultivo de hortalizas ecológicas. Así pues, se introducirán diversas especies vegetales en el cultivo de pimiento, que harán la función de plantas banker. Estas estarán infestadas con pulgones específicos de las mismas, es decir, que no afectan al cultivo de pimiento, parasitados por las especies *Diaeretiella rapae* y *Aphidius colemani*. En paralelo al ensayo en campo, se realizarán ensayos de laboratorio para observar con mayor claridad el efecto de dichos parasitoides sobre los pulgones que atacan al pimiento. El parasitoide *Diaeretiella rapae* es capaz de parasitar, no solo *Brevicoryne brassicae* sino también, *Myzus persicae*. Tanto en los experimentos de laboratorio como en el de campo, *Diaeretiella rapae* es capaz de disminuir las poblaciones de *Myzus persicae* significativamente, en la eficacia de las plantas banker en el campo, parece influir más el momento de su introducción, que las especies de planta-pulgón-parasitoides empleados en el ensayo. Así pues, cuanto más anticipadamente se introduzcan las plantas banker en el cultivo, mayor será el control de la plaga. La altura de las plantas está relacionada con la cantidad de plaga que albergan y la presencia de plantas de *Lobularia maritima* intercaladas con el cultivo, tuvo efectos positivos en el control de la plaga.

c. Estudios de preferencia del parasitoide *Aphidius colemani* Viereck (Hymenoptera: Braconidae) por distintas asociaciones planta hospedera - áfido huésped. Trabajo presentado por Instituto Tecnológico de Costa Rica (2010). Tesis hecha por Luis D. Espinoza Bolaños en Cartago, para optar al título de Bachiller en Ingeniería en Biotecnología. El accionar de *Aphidius colemani*, endoparasitoide de áfidos, puede favorecerse mediante la introducción al agroecosistema de un hospedero alternativo que le permita establecerse antes de la llegada de una plaga. No obstante, esto es factible sólo si el parasitoide no muestra una preferencia muy marcada por algún hospedero (plaga o alternativo) y es capaz de ciclar entre ambos. El objetivo del presente trabajo fue estudiar la preferencia de *A. colemani* por dos asociaciones planta hospedera-áfido huésped, para ello se realizaron pruebas de opción doble con el parasitoide, ofreciendo las asociaciones: rúcula-*Myzus persicae* (cultivo+plaga) y avena-*Rhopalosiphum padi* (sistema alternativo). Para estudiar la respuesta fisiológica del parasitoide frente a las asociaciones estudiadas se realizaron pruebas sin opción. Otros aspectos del comportamiento biológico de *A. colemani* como: el tiempo de desarrollo, algunos parámetros poblacionales de tablas de vida, la supervivencia del adulto y la fecundidad, también fueron estudiados. Los resultados obtenidos mostraron un parasitismo desigual entre las asociaciones planta-áfido, con un porcentaje mayor sobre su origen previo. Los estudios biológicos realizados evidenciaron que *A. colemani* es capaz de alimentarse, desarrollarse y dejar descendencia sobre las dos asociaciones áfido-planta estudiadas. Los resultados obtenidos aportan pautas importantes en el refinamiento del manejo que debe dársele la estrategia de control biológico planteada en busca de un funcionamiento satisfactorio.

3. METODOLOGÍA

La investigación se realizó en una estructura protegida del campo agrícola perteneciente a Agrícola Savannah S.A. de C.V., ubicada en la comunidad de Estación Bamoá con coordenadas 25.6840567, -108.3294929, donde predominan los climas semiseco, muy cálido y cálido. Durante el desarrollo del proyecto dentro de la estructura protegida, se presentó en promedio una temperatura mínima de 10.3 °C y una máxima de 35.5°C.

Para el siguiente estudio se utilizó el diseño de bloques completamente al azar (DBCA) con dos tratamientos y 5 repeticiones. Los tratamientos evaluados fueron: liberación directa de *Aphidius colemani* (LP) y control (C) sin liberación directa de *Aphidius colemani*. Para la evaluación de la eficiencia de *Aphidius colemani* como agente de control biológico se llevaron a cabo 4 liberaciones en cuatro momentos diferentes, con una dosis de 5,000 individuos parasitados (momias) por hectárea en cada liberación, posteriormente se evaluó el desarrollo de la avispa parasitoide durante 7 semanas, cada 6 días se realizaron monitoreos para recaudar los datos necesarios. El insecto parasitoide se obtuvo de la empresa Koppert, empresa asociada a la naturaleza que ayuda a nuestro planeta a encontrar su equilibrio utilizando enemigos naturales para combatir plagas, abejorros para la polinización, así como microbios y bioestimulantes que apoyan, protegen y fortalecen los cultivos.



Figura 14. Botellas de momias para liberación.

Se seleccionaron 10 surcos al azar de los cuales a 5 se le aplicó liberación directa de *Aphidius colemani* (polines 6, 22, 34, 46, 58) y a los otros 5 no se le hizo aplicación directa (polines 15, 27, 39, 51, 65), de cada surco se seleccionaron 10 plantas al azar para llevar a cabo la toma de datos. El experimento fue desarrollado en un área de 4.7 hectáreas, dividido en 65 polines con 4 surcos, los primeros 6 polines son parte de la cuchilla iniciando con 5 metros lineales, del polín 7 en adelante cada surco mide 100 metros lineales.

Las liberaciones se llevaron a cabo cada 6 días, la primera liberación se realizó el día 20 de noviembre, posteriormente las siguientes liberaciones se realizaron el 26 de noviembre, 2 de diciembre y 8 de diciembre del año 2024. Las dos primeras liberaciones se aplicaron por la mañana entre las 10:00 am y 11:00 am cuando la temperatura empieza a elevarse, las otras dos liberaciones se realizaron por la tarde entre las 4:00 pm y 5:00 pm, esto debido a que en ese lapso del día las temperaturas no son muy elevadas ni muy bajas dándole una mejor condición al insecto de adaptarse al nuevo ambiente en el que se desarrolló.



Figura 15. Liberación de *Aphidius colemani*



Figura 16. Instalación de vasos con *Aphidius colemani*

La liberación se realizó en vasos de unicel del número 5 que se colgaron por medio de clips grandes, de cada botella de *Aphidius colemani* se obtuvieron 80 vasos que fueron distribuidos a polín dejado de manera uniforme durante todo el terreno. Los vasos se colocaron de manera uniforme alrededor de los 100 metros lineales que tienen de longitud cada surco, se colocaron en la parte media de las plantas y siempre en los brazos o tallos de la planta, nunca en los hilos guía ya que al realizar las otras labores culturales pueden llegar a tirarlos.

Para la toma de datos se realizaron monitoreos constantes cada 6 días por las mañanas, en un horario de 10:00 am cuando las temperaturas rondan entre 26 °C a 29 °C ya que a esa temperatura la mayoría de los insectos empiezan a verse más activos logrando así observar el comportamiento de ellos. El monitoreo tiene la función de estimar la densidad y distribución de las plagas, enemigos naturales o bien daños que producen a través de su desarrollo. Su objetivo es determinar la incidencia de acción para determinar el momento de

llevar a cabo aplicaciones, medidas de control, liberación de enemigos naturales entre otros. Con el fin de minimizar el daño de plagas asociando su densidad con los daños que producen (Ripa y Larral 2008).

El método de monitoreo que se utilizó fue la estimación absoluta, según Ripa y Larral (2008) este método considera:

“el muestreo de individuos en una unidad de área o hábitat. Se realiza observando el número de individuos de un insecto o ácaro (frecuencia de la plaga), en una estructura (hojas, frutos, yemas, flores, ramillas), o a través de la observación de la presencia o ausencia de los individuos (ocurrencia de la plaga).” (p. 53).

En la presente investigación se empleó el monitoreo de presencia/ausencia de individuos, donde se monitoreó la incidencia de pulgones en estado adulto, ninfa y colonias, por otro lado, la presencia del parasitismo se tomó con el control de incidencia de ninfas de pulgón parasitadas cuando estas se encontraban en estado de momias. El monitoreo se enfocó en estaciones o grupos de plantas marcadas, este enfoque se usa por lo general en terrenos de 2 a 4 hectáreas y permite tener un seguimiento de las incidencias encontradas durante el tiempo, logrando detectar los cambios en los daños y las densidades (Ripa y Larral 2008).

Según Ripa y Larral (2008):

“se recomienda monitorear, al menos, el 1% de las plantas de un cuartel (con un mínimo de 10 plantas) y evaluar en terreno la efectividad de esta medición, aumentando la muestra en la medida que se detecte variabilidad o carencia en la precisión. Por otra parte, se debe considerar el costo y disponibilidad de personal capacitado.” (p. 55).

Para la toma de datos se utilizó la metodología empleada por la agrícola, la cual consiste en la selección de 10 plantas al azar de cada surco donde se monitorean los brotos y 5 hojas al azar de cada una de ellas, se contó la presencia de individuos por unidad sin embargo una vez que estos sobrepasan 16 individuos por hoja o broto se considera una colonia. Para la recaudación de los datos se utilizaron tablas elaboradas en Excel donde se recaudaron la incidencia de individuos de pulgones (adulto y ninfa), individuos de pulgón parasitado (momias) y colonias de pulgón y momias, además del porciento de plantas que tienen presencia de estos. Con los datos recaudados se obtuvieron los individuos por planta.

Los datos obtenidos de la incidencia de momias y colonias de momias fueron sometidas a un análisis de varianza a través del programa de software minitab 18, así mismo las comparaciones de medias entre tratamientos y bloques se realizó a través de la prueba de Tukey con un nivel de confianza del 95% ($p \leq 0.05$).

MANEJO DEL CULTIVO DE PIMIENTO

Para el estudio, se utilizaron las variedades Clarion (pimiento verde) y Spencer (pimiento naranja), la siembra y desarrollo de las plántulas se realizó en invernaderos pertenecientes a la agrícola, para su producción se utilizaron charolas con 200 cavidades de 67cm de largo, 33cm de ancho y 6.5cm de alto. Para el sustrato se utilizó mezcla de sustrato Lambert LM-18, Lambert LM-GPS, perlita, vermiculita, extracto de algas (Acadian Seaplants), Trichoderma (Plantear Box) y Entrophosporas (Endo-Rhyza).

La emergencia de las plantas se dio a los 5 días luego de la siembra y se trasladó al vivero donde se mantuvo por 45 días, durante su desarrollo se realizaron diversas labores culturales como rotación de charolas, monitoreo de plagas manual donde se revisó cada charola en distintas posiciones, saneo de hongo, entre otras. Antes de llevar a cabo el planteo al campo, en la estructura protegida se realizaron labores culturales como la preparación de las camas, el proceso de solarización que consiste en la colocación de un hule sobre las camas en forma de acolchado que ayuda a disminuir la incidencia de organismos patógenos en el suelo. Se



Figura 17. Plántulas de pimiento.

instaló el sistema de riego por goteo y se llevaron a cabo otras labores como deshierbe para mantener limpio el terreno para el planteo. Durante el desarrollo de la planta se llevó a cabo un manejo normal que conlleva labores culturales como deshierbe, aplicaciones, desbrotes, saneos, entre otras.

Luego de llevarse a cabo la primera liberación no se realizaron aplicaciones durante 7 días para permitirle al insecto adaptarse, posteriormente cualquier aplicación se llevó a cabo por la mañana o por la tarde cuando las temperaturas empezaban a bajar ya que el insecto benéfico deja de ser muy activo y tiende a esconderse entre las hojas.

4. RESULTADOS

4.1 PRESENCIA DE INDIVIDUOS DE PULGÓN Y MOMIAS.

La plaga *Myzus persicae* es una de las principales amenazas para la producción de pimienta, en este contexto, la investigación sobre la eficacia de *Aphidius colemani* en el control de esta plaga es de gran importancia. En este capítulo se muestran los resultados obtenidos en la investigación, que se basan en el análisis de datos recopilados durante los 8 monitoreos que se realizaron en el lapso de 7 semanas.

LIBERACIONES	FECHA
1	20/11/2024
2	26/11/2024
3	02/12/2024
4	08/12/2024

Tabla 1. fecha de liberaciones.

MONITOREOS	FECHA
Inicial	20/11/2024
1	26/11/2024
2	02/12/2024
3	08/12/2024
4	14/12/2024
5	20/12/2024
6	26/12/2024
7	01/01/2025
8	08/01/2025

Tabla 2. fecha de monitoreos

En la tabla 3 PRESENCIA DE PULGONES ADULTOS Y NINFAS se puede observar en los datos del monitoreo inicial (MI), monitoreo 1 (M1) y 2 (M2) un bajo número de individuos e incluso en algunos polines no hubo presencia, sin embargo, a partir del monitoreo 3 (M3) la presencia de individuos no fue constante ya que la población crecía y bajaba de una manera impredecible, esto debido a que rebasaban el número de individuos presentes hasta convertirse en colonias dejando de ser tomados en cuenta como individuos, pero no fue hasta el monitoreo 7 (M7) que se presentó un incremento aproximado de 10 individuos por polín, por el contrario, el monitoreo (M8) presentó en promedio un descenso de 14 individuos por polín. Durante el transcurso de las primeras semanas se mostró una mayor densidad de individuos de pulgón en los polines con liberación directa, así pues, al paso de las semanas las densidades se nivelaron y aumentaron de manera similar.

PRESENCIA DE PULGONES ADULTO Y NINFA									
	MI	M1	M2	M3	M4	M5	M6	M7	M8
LD6	16	11	35	7	16	40	12	50	15
LD22	0	8	21	0	11	20	19	30	20
LD34	0	14	27	11	22	15	16	25	15
LD46	4	0	0	16	15	10	31	20	15
LD58	7	16	0	11	21	13	11	35	20
SL15	18	0	0	14	21	20	28	40	15
SL27	19	0	0	15	17	12	31	35	20
SL39	19	0	0	0	8	12	23	25	15
SL51	5	0	0	0	0	10	16	30	20
SL65	7	0	11	25	0	22	25	23	11

Tabla 3. PRESENCIA DE PULGONES ADULTOS Y NINFAS.



Figura 18. Ninfa de pulgón



Figura 19. Adulto alado del pulgón.



Figura 20. Adultos alados y ninfas de pulgón.

Por otra parte, las momias se empezaron a presentar a partir del monitoreo 2 (M2) a los 12 días de la primera liberación, posteriormente el aumento de la incidencia de individuos momia fue de manera considerable hasta el monitoreo 5 (M5), en los próximos 3 monitoreos hubo irregularidad en las densidades de individuos ya que algunos de ellos cumplieron su ciclo de vida dentro del pulgón mientras que otros pasaron a formar parte de colonias. No hubo mucha diferencia en los tratamientos ya que la presencia de individuos se presenta de manera casi proporcional al número de pulgones presentes.

A medida que aumenta la densidad de huéspedes, también aumentan los encuentros de la avispa con los huéspedes, lo que a su vez afecta su comportamiento y el número de ataques

realizados. El número de encuentros aumenta gradualmente con mayores densidades de huéspedes(Sampaio et al. 2001).

PRESENCIA DE MOMIAS									
	MI	M1	M2	M3	M4	M5	M6	M7	M8
LD6	0	0	5	10	25	79	65	77	115
LD22	0	0	0	10	16	22	25	49	58
LD34	0	0	0	10	22	41	39	35	37
LD46	0	0	5	10	27	40	33	28	35
LD58	0	0	7	15	19	28	20	45	62
SL15	0	0	7	7	19	56	46	42	94
SL27	0	0	5	7	29	46	50	31	75
SL39	0	0	7	12	36	50	44	23	27
SL51	0	0	4	7	25	42	28	26	54
SL65	0	0	0	5	12	21	18	29	32

Tabla 4. PRESENCIA DE MOMIAS.

Durante el desarrollo de la investigación se observó que la avispa parasitoide tiene un mayor efecto y preferencia por las ninfas más inmaduras ya que cuando estas se encuentran en un estadio maduro como método de defensa tienden a dar patadas para ahuyentar al aphipar además de ser más difíciles de penetrar. Cuando un pulgón es parasitado este predispone a aislarse de los demás individuos, posteriormente se torna de un color rosado transparente, empieza a ponerse un poco más gordo del tórax y no tiene mucho movimiento. Luego de unos días este se torna de un color dorado cada vez más intenso hasta llegar a eclosionar aproximadamente después de 15 días a partir su parasitismo.



Figura 21. Individuos momias.



Figura 22. Pulgón parasitado.



Figura 23. *A. colemani* buscando individuos para parasitar.

Una vez analizadas las tablas podemos observar la Figura 24. GRAFICA DE COMPARACION DE INCIDENCIA DE PULGON Y MOMIAS, la cual nos muestra que a

pesar de que las momias se presentaron 12 días después de la presencia de pulgón, lograron sobrepasar su número de individuos a partir del cuarto monitoreo (M4). Aunque el aumento de ambos individuos se presentó de manera inconstante, la presencia de momias predominó ante la presencia de individuos de pulgón con un alto número de individuos. Según Sampaio et al. (2001) para las densidades de ninfas de 20, 40, 60 y 80 de *M. persicae* el promedio de parasitismo (momias) de *A. colemani* sobre estas es de 12.4 ± 1.06 ; 22.7 ± 3.20 ; 33.0 ± 3.90 y 31.6 ± 2.37 .

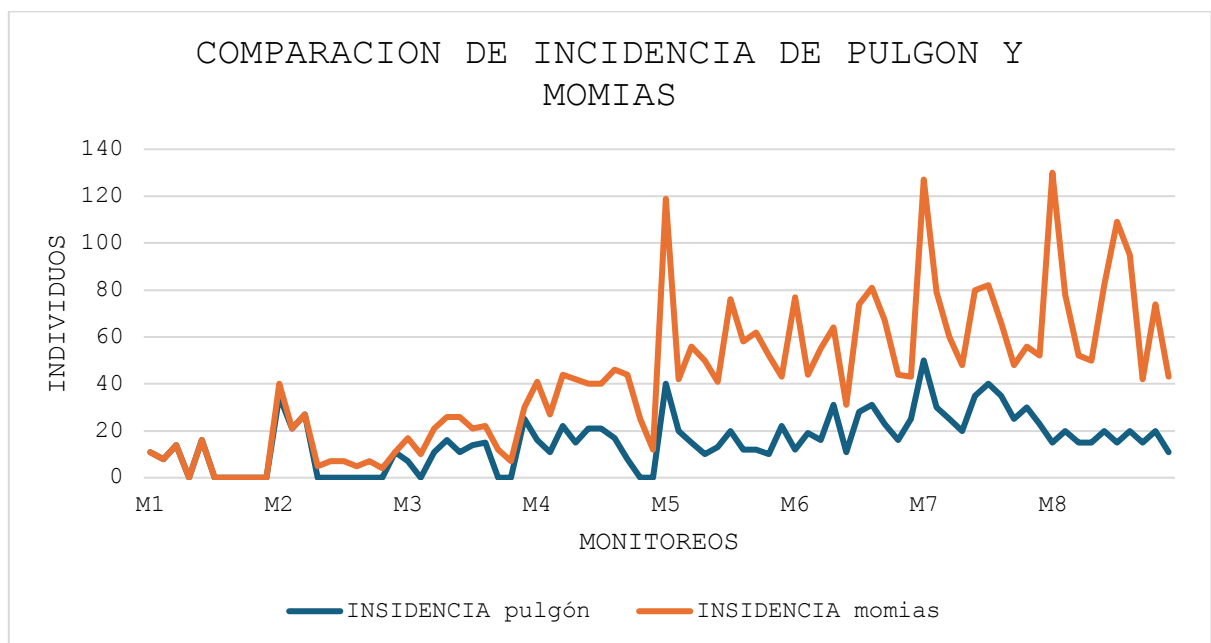


Figura 24. GRAFICA DE COMPARACION DE INCIDENCIA DE PULGON Y MOMIA.

De acuerdo a los resultados del análisis de varianza para la variable incidencia de momias con respecto al valor p que se obtuvo de cada variable analizada con un margen de error del 5%, se puede observar que estadísticamente no existe diferencia significativa en los tratamientos y en la interacción tratamientos-monitoreos, más sin embargo como se mencionó anteriormente, existe diferencia significativa en los monitoreos debido a que hubo un aumento muy pronunciado entre cada uno de ellos. (véase Tabla 5. ANALISIS DE VARIANZA PARA INCIDENCIA DE MOMIAS)

Análisis de Varianza					
Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
TRATAMIENTO	1	120	120.05	0.54	0.465
MONITOREO	7	30723.1	4389.02	19.75	0
TRATAMIENTO*MONITOREO	7	682.3	97.48	0.44	0.874
Error	64	14223.2	222.24		
Total	79	45748.7			

Tabla 5. ANALISIS DE VARIANZA PARA INCIDENCIA DE MOMIAS

Así pues, para una mayor exactitud se llevaron a cabo las comparaciones de medias Tukey con una confianza de 95% ($p \leq 0.05$). En la Tabla 6. COMPARACIONES POR PAREJAS DE TUKEY: TRATAMIENTOS se muestra que no existen diferencias significativas, por lo tanto, no se presentó diferencia entre el parasitismo de individuos en polines con liberación directa y sin liberación, esto debido a que *Aphidius colemani* tiende a buscar a sus huéspedes mediante los sensores que posee, teniendo así un rango más amplio de parasitismo. Lo anterior indica que, aunque el insecto sea liberado en un área donde no se presente alguna incidencia de pulgón este va a localizar los focos de esta plaga y seleccionara sus huéspedes para llevar a cabo su reproducción.

Comparaciones por parejas de Tukey: TRATAMIENTO			
Agrupar información utilizando el método de Tukey y una confianza de 95%			
TRATAMIENTO	N	Media	Agrupación
LD	40	27.85	A
SL	40	25.4	A
Las medias que no comparten una letra son significativamente diferentes.			

Tabla 6. COMPARACIONES POR PAREJAS DE TUKEY: TRATAMIENTOS MOMIAS

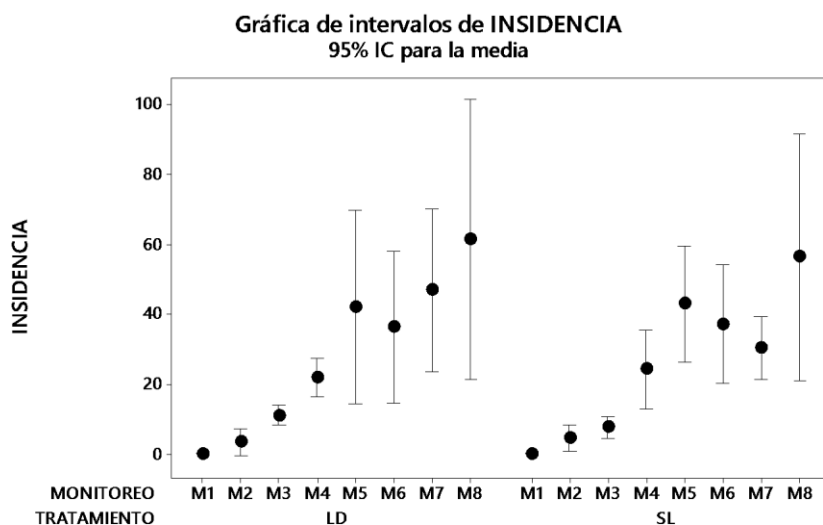
Por otra parte, en la tabla 7. COMPARACIONES POR PAREJA DE TUKEY: MONITOREO MOMIAS, se puede observar con claridad que los monitoreos se agrupan en cuatro grupos: A, B, C y D. Los monitoreos que no comparten letras estadísticamente cuentan con diferencias significativas, así pues, todos los monitoreos pertenecen a dos grupos a excepción de tres monitoreos el 1, 6 y 8, ya que estos presentan una diferencia muy significativa, puesto que el monitoreo 1 inicio con ningún individuo a diferencia del monitoreo 8 que llego a presentar hasta 115 individuos, por otro lado, durante el monitoreo

6 se presentó un aumento y descenso de individuos desproporcionado, lo que creo un cambio notorio.

Comparaciones por parejas de Tukey: MONITOREO						
Agrupar información utilizando el método de Tukey y una confianza de 95%						
MONITOREO	N	Media	Agrupación			
M8	10	58.9	A			
M5	10	42.5	A	B		
M7	10	38.5	A	B		
M6	10	36.8		B		
M4	10	23		B	C	
M3	10	9.3			C	D
M2	10	4			C	D
M1	10	0				D
Las medias que no comparten una letra son significativamente diferentes.						

Tabla 7. COMPARACIONES POR PAREJAS DE TUKEY: MONITOREO MOMIAS

Para una mejor interpretación de los datos se muestra la Figura 29. GRAFICA DE INTERVALOS DE INSIDENCIA DE MOMIAS, la cual mediante la desviación estándar complementa los datos obtenidos en las comparaciones de TUKEY. Para lograr entender la tabla, es necesario comprender que cuando se tira una línea paralela y los puntos o bien las líneas que cruza cada uno de ellos, son conectados unos con otros, significa que no hay diferencia entre ellos. Se puede observar que los puntos de cada tratamiento al tirar líneas paralelas se unen, por lo tanto, no existe diferencia alguna entre los tratamientos, por otra parte, cuando hablamos de los monitoreos de cada tratamiento si existe diferencia entre ellos.



Las desviaciones estándar individuales se utilizaron para calcular los intervalos.

FIGURA 25. GRAFICA DE INTERVALOS DE INSIDENCIA DE MOMIAS

PRESENCIA DE INDIVIDUOS DE PULGÓN Y MOMIAS

Las colonias empezaron a presentarse a los 6 días del monitoreo inicial, ya que el ciclo de vida del pulgón fue de aproximadamente 5 días puesto que la temperatura promedio mínima de esa semana se dio de 9.3 C°, lo cual favoreció a la alta reproducción de individuos provocando que estos creen un mayor número de colonias en menor tiempo, el crecimiento de las colonias tuvo un ascenso durante los primeros 3 monitoreos, llegando a su máxima presencia en el monitoreo 3 (M3). Durante el resto de los monitoreos se presentó un aumento e incremento muy variado en los distintos polines, más sin embargo al llegar al monitoreo 8 (M8) se logra apreciar que hubo un descenso significativo en comparación a los monitoreos 3, 4, 5 y 6 (M3, M4, M5, M6). Con respecto a los polines con diferentes tratamientos se observó que no se presentó una diferencia muy pronunciada pues cada polín tuvo variaciones parecidas. (véase Tabla 8. PRESENCIA DE COLONIAS DE PULGONES).



Figura 26. Colonia de pulgón en hojas.



figura 27. Colonia de pulgón en brotos.

PRESENCIA DE COLONIAS DE PULGONES									
	MI	M1	M2	M3	M4	M5	M6	M7	M8
LD6	0	3	4	10	7	4	5	6	4
LD22	0	0	0	3	5	3	5	6	5
LD34	0	0	0	2	2	3	3	4	3
LD46	0	2	3	6	5	4	4	3	4
LD58	0	0	3	6	4	3	3	6	5
SL15	0	2	5	5	3	3	5	4	3
SL27	0	2	3	3	3	4	4	6	4
SL39	0	2	3	6	4	3	3	3	3
SL51	0	1	2	5	5	4	4	4	5
SL65	0	0	0	2	3	3	3	4	2

Tabla 8. PRESENCIA DE COLONIAS DE PULGONES).

En la Tabla 9. PRESENCIA DE COLONIAS DE MOMIAS se muestra la presencia de colonias de momias en los distintos monitoreos. A diferencia de las colonias de pulgones, las colonias de momias se presentaron a partir del monitoreo 4, teniendo un aumento constante durante todos los monitoreos. Algunos polines presentaron una disminución de 1 o 2 colonias en los últimos dos monitoreos, esto debido a la eclosión de las momias que cumplieron con su ciclo de vida. Con respecto a los polines con distinto tratamiento, se puede apreciar que existe variabilidad en todos y hay diferencias marcadas entre ellos, sin embargo, en su mayoría se presenta un aumento.

PRESENCIA DE COLONIAS DE MONIAS									
	MI	M1	M2	M3	M4	M5	M6	M7	M8
LD6	0	0	0	0	3	6	6	6	10
LD22	0	0	0	0	2	5	5	6	8
LD34	0	0	0	0	3	5	5	6	4
LD46	0	0	0	0	1	4	4	5	5
LD58	0	0	0	0	3	5	5	5	6
SL15	0	0	0	0	4	7	7	4	8
SL27	0	0	0	0	3	6	6	5	7
SL39	0	0	0	0	2	5	5	5	6
SL51	0	0	0	0	3	4	4	4	7
SL65	0	0	0	0	0	2	2	3	4

Tabla 9. PRESENCIA DE COLONIAS DE MONIAS



Figura 28. colonia de momias en el envés de las hojas.

A partir de los datos presentados en las tablas anteriores con respecto a la incidencia de colonias de momias y pulgones, se presenta la Figura 29. GRAFICA DE COMPARACION DE INCIDENCIA DE COLONIAS DE PULGON Y MOMIAS, en la cual se plasma el notorio aumento de colonias de pulgón que se presentó durante las primeras semanas, no obstante, a pesar de que las colonias de momias se presentaron a partir del cuarto monitoreo, tuvieron un crecimiento constante logrando sobrepasar la incidencia de colonias de pulgón. Por lo tanto, *Aphidius colemani* logro controlar y mantener bajas las colonias de pulgón.

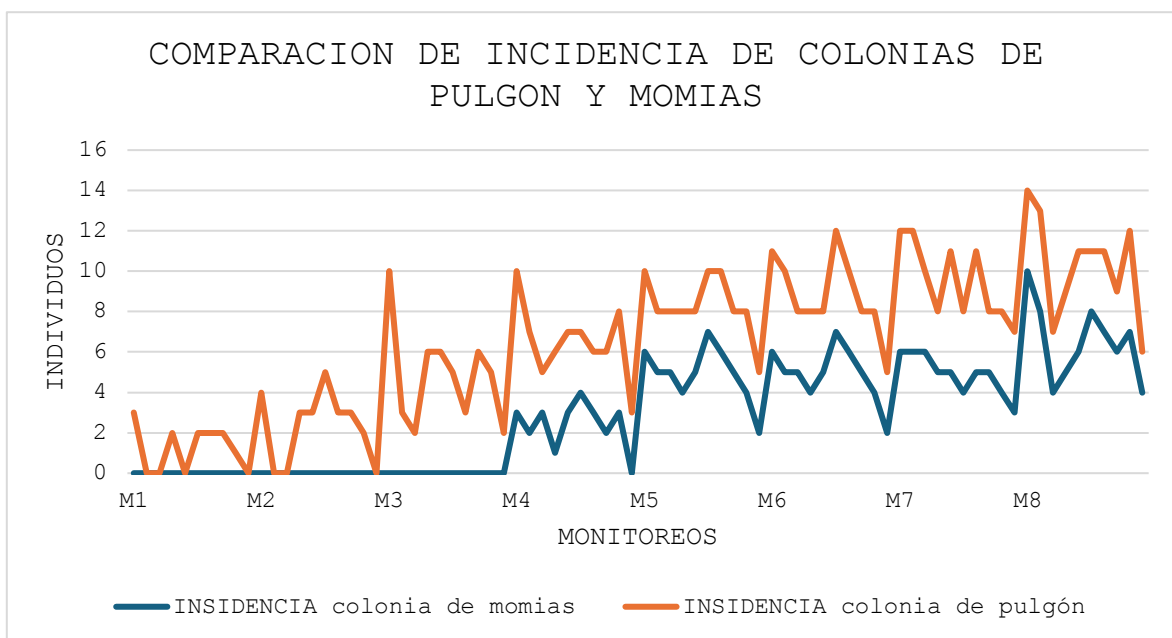


Figura 29. GRAFICA DE COMPARACION DE COLONIAS DE PULGON Y MOMIAS

Por consiguiente, de acuerdo a los resultados del análisis de varianza para la variable incidencia de colonias de momias con respecto al valor p con un grado de significancia del 5%, se puede observar que al igual que en la incidencia de individuos de momias no existe diferencia significativa en los tratamientos aplicados al igual que en la interacción ocurrida entre tratamientos-monitoreo, no obstante, los datos arrojan que si existe diferencia significativa entre los monitoreos. Comprobando así la diferencia que se ve muy marcada en las tablas de incidencias ya que existe un gran incremento de la población desde el monitoreo 1 (M1) al monitoreo 8 (M8). (véase Tabla 10. ANALISIS DE VARIANZA PARA INCIDENCIAS DE COLONIAS DE MOMIAS).

Análisis de Varianza					
Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
TRATAMIENTO	1	1.25	1.25	0.97	0.328
MONITOREO	7	504.2	72.0286	55.94	0
TRATAMIENTO*MONITOREO	7	3.95	0.5643	0.44	0.874
Error	64	82.4	1.2875		
Total	79	591.8			

Tabla 10. ANALISIS DE VARIANZA PARA INCIDENCIAS DE COLONIAS DE MOMIAS

Posteriormente se llevaron a cabo las comparaciones de medias Tukey con una confianza de 95% ($p \leq 0.05$) para una mayor exactitud de comparación de tratamientos, la Tabla 11. COMPARACIONES POR PAREJAS DE TUKEY: TRATAMIENTOS COLONIA DE MOMIAS, agrupa los tratamientos en un solo grupo, lo cual indica que estadísticamente no existen diferencias significativas en los tratamientos aplicados, por lo tanto la incidencia de colonias de momias se presentó de manera equitativa en los polines sin importar las aplicaciones del insecto benéfico, demostrando así la capacidad de *Aphidius colemani* de localizar a sus huéspedes en los distintos puntos de la malla sin importar el área donde fue liberado.

Comparaciones por parejas de Tukey: TRATAMIENTO			
Agrupar información utilizando el método de Tukey y una confianza de 95%			
TRATAMIENTO	N	Media	Agrupación
LD	40	3.075	A
SL	40	2.825	A
<i>Las medias que no comparten una letra son significativamente diferentes.</i>			

Tabla 11. COMPARACIONES POR PAREJAS DE TUKEY: TRATAMIENTOS COLONIA DE MOMIAS

En cambio, en la Tabla 12. COMPARACIONES POR PAREJA DE TUKEY: MONITOREOS COLONIAS DE MOMIAS, se puede comprobar los resultados obtenidos en la Tabla 10. ANALISIS DE VARIANZA PARA INCIDENCIAS DE COLONIAS DE MOMIAS ya que existen diferencias significativas entre los monitoreos. Al igual que en la incidencia de individuos de momias se presenta cuatro agrupaciones, más sin embargo las diferencias entre los grupos son aún más marcadas puesto que ningún monitoreo comparte

agrupación, siendo los monitoreos 8 y 4 (M8, M4) las únicas variables que no comparte agrupación con ningún monitoreo indicando que existen diferencias significativas entre ellos y todos los demás. Por otra parte, la agrupación B se compone por los monitoreos 5, 6 y 7 (M5, M6, M7) y la agrupación D por los monitoreos 1, 2, 3, (M1, M2, M3), los cuales no presentan diferencias significativas entre sí.

Comparaciones por parejas de Tukey: MONITOREO						
Agrupar información utilizando el método de Tukey y una confianza de 95%						
MONITOREO	N	Media	Agrupación			
M8	10	6.5	A			
M6	10	4.9		B		
M5	10	4.9		B		
M7	10	4.9		B		
M4	10	2.4			C	
M2	10	0				D
M1	10	0				D
M3	10	0				D
Las medias que no comparten una letra son significativamente diferentes.						

Tabla 12. COMPARACIONES POR PAREJA DE TUKEY: MONITOREOS COLONIAS DE MOMIAS

La grafica 3. INTERVALOS DE INCIDENCIA DE COLONIAS DE MOMIAS muestra la desviación estándar de la media de los datos obtenidos en las comparaciones de TUKEY, en ella se logra comprobar que no existe diferencia significativa entre los tratamientos ya que, al trazar una línea paralela entre ambos tratamientos, estos tienden a conectarse unos con otros. A diferencia de la incidencia de individuos momias, los monitoreos de la incidencia de colonia de momias muestran una diferencia más marcada al ver el incremento de incidencia estos no se conectan unos a otros. Esta diferencia se ve reflejada debido a los cambios variados que se dieron en el incremento y descenso durante los diferentes monitoreos.

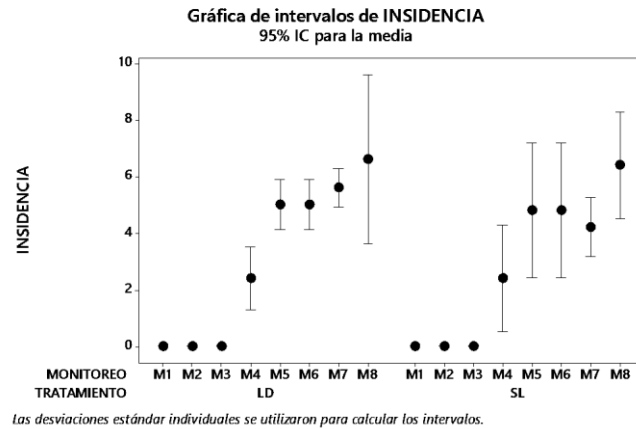


Figura 30. GRAFICA DE INTERVALOS DE INCIDENCIA DE COLONIAS DE MOMIAS

Por último, con los datos obtenidos se promedió el número de individuos y colonias que se encontraron por planta, los individuos de pulgón mostraron un incremento continuo hasta encontrar su máximo crecimiento en el monitoreo 7 (M7) donde logra alcanzar los 3.67 individuos por planta, más sin embargo presenta un descenso muy pronunciado durante la ultima semana bajando aproximadamente el 50% de individuos. Por otra parte, en el caso de los individuos momias se presenta una densidad variada donde alcanza su mayor incidencia en el último monitoreo con 0.93 individuos, durante todas las semanas se mantuvo debajo de los individuos de pulgón. No obstante, en el caso de las colonias, las colonias de pulgón presentaron un bajo número de incidencia mientras que las colonias de momias a pesar de presentarse semanas después de las colonias de pulgón, se mantuvieron por encima hasta culminar la ultima semana con casi el doble de la incidencia de colonias de pulgón.

INDIVIDUOS POR PLANTA POR MONITOREO									
Polín	MI	M1	M2	M3	M4	M5	M6	M7	M8
Adulto									
Ninfa	0.95	0.49	0.94	0.99	1.31	1.74	2.26	3.13	1.67
Colonia	0	0.12	0.23	0.48	0.41	0.34	0.39	0.46	0.38
Adulto <i>A. colemani</i>	0	0.47	0.58	0.58	0.48	0.45	0.55	0.49	0.93
Colonia parasitada	0	0	0	0	0.24	0.48	0.49	0.49	0.65

Figura 31. INDIVIDUOS POR PLANTA POR MONITOREO

5. CONCLUSIONES

Los resultados obtenidos en esta investigación sobre la eficacia de *Aphidius colemani* en el control de *Myzus persicae* en un cultivo de pimiento, pueden resumirse en los siguientes puntos:

Para la incidencia de individuos momias.

A pesar que los individuos de momias empezaron a presentarse después de 12 días luego de la primera liberación, mantuvieron un crecimiento considerable hasta lograr sobrepasar la incidencia de individuos de pulgón controlando así su crecimiento. Los polines con liberación directa (LD) y sin liberación (SL) no presentaron diferencias significativas, por lo tanto, las áreas de liberación de *Aphidius colemani* no fueron un factor inconveniente para que este lograra adaptarse y desarrollarse alrededor de la malla, reproduciéndose en los focos donde más se presentó incidencia de pulgones. Así pues, el aumento de su reproducción se vio reflejada en la diferencia que se presentó en los monitoreos logrando llegar a la última semana con un número de individuos sobresaliente, llegando a dominar la presencia de pulgón.

Para la incidencia de colonia de individuos momias.

El desarrollo de las colonias se presentó a la tercera semana luego de la primera liberación, aunque se presentaron aproximadamente 20 días luego de la primera incidencia de colonias de pulgones las cuales al inicio mantuvieron un crecimiento muy notorio, llegaron a reproducirse de una manera muy variada hasta llegar a predominar sobre las colonias de pulgones. Se demostró que no hubo diferencias significativas sobre los tratamientos ya que en todos los polines se presentó la misma variación de crecimiento, por otra parte, la diferencia de crecimiento entre los monitoreos fue muy marcada ya que la avispa parasitoide logro desarrollarse y reproducirse de una manera óptima.

6. BIBLIOGRAFÍA

- Agrios, George N. 1999. *Fitopatología*. 2a ed. editado por S. A. fde C. V. G. N. E. LIMUSA. Montecillo, México.
- Aguirre Hernández, Eva, y Verónica Muñoz Ocotero. 2015. “El chile como alimento”. *Ciencia (d)*:16–23.
- Alfaro-Tapia, Armando, Jeniffer K. Alvarez-Baca, Eduardo Fuentes-Contreras, y Christian C. Figueroa. 2021. “Biological control may fail on pests applied with high doses of insecticides: Effects of sub-lethal concentrations of a pyrethroid on the host-searching behavior of the aphid parasitoid *aphidius colemani* (hymenoptera, braconidae) on aphid pests”. *Agriculture (Switzerland)* 11(6). doi: 10.3390/agriculture11060539.
- Andorno, A. 2012. “Evaluación del sistema planta hospedera-huésped alternativo como estrategia para el control biológico de pulgones (Hemiptera : Aphididae) en sistemas de producción hortícola en cultivos protegidos”. UBA Facultad de Ciencias Exactas y Naturales.
- Andorno A.V., Botto E.N., La Rossa F. R. y Möhle R. 2014. *Control biológico de áfidos por métodos conservativos en cultivos hortícolas y aromáticas*. editado por INTA. Buenos Aires.
- BASF. 2023. “Pulgones Guía BASF para el manejo de insectos”. (Grupo 3):2–3.
- Bolaños, Luis D. Espinoza. 2010. “*Estudios de preferencia del parasitoide *Aphidius colemani* Viereck (Hymenoptera: Braconidae) por distintas asociaciones planta hospedera - áfido huésped*”. costa rica.
- Brechlt, Andrea. 2011. “LOS INSECTICIDAS: CONSECUENCIAS DE SU PRACTICA ABUSIVA”. *CIENCIA Y SOCIEDAD* Volumen XI:291–358.
- CODESIN. 2023. “Sinaloa en números”. 52(667):10.
- Díaz, Mario Cermeli &. Gabriel. 2016. *TEMA: CONTROL QUÍMICO DE INSECTOS PLAGA*. Venezuela.
- Díaz Yubero, Ismael. 2019. “Los pimientos vinieron de América y conquistaron el mundo”. *Dialnet, Distribución y consumo* 3:87–99.

- Duarte, Leticia, Margarita Ceballos, Heyker Lellani Baños, Adayakni Sánchez, Ileana Miranda, y María De Los a Martínez. 2011. “Biología y tabla de vida de *Myzus persicae* (Sulzer) (Hemiptera : Aphidae) en condiciones de laboratorio”. *Revista de protección vegetal* 26(1):1–4.
- Estay P, Patricia, y Nancy Vitta. 2018. “Capítulo 6. Insectos y ácaros asociados al pimiento en Chile”. *Boletín INIA - Instituto de Investigaciones Agropecuarias* 360:77–89.
- Farhat, Ambika. 2021. “Potential role of *Aphidius ervi* in protecting greenhouse bell pepper cultures from *Myzus persicae* aphids in India”. 2018–21.
- Fornaris, Guillermo. 2022. *CARACTERÍSTICAS DE LA PLANTA*.
- France, Loreto Merino M. .. Andrés. 2009. “NEMATODOS ENTOMOPATÓGENOS: Eficiente apuesta en el control biológico de plagas”. *Centro Tecnológico de control Biológico* 2.
- Guharay, Manuel Carballo y Falguni. 2004. “Control Biológico de Plagas Agrícolas”. 200.
- Ibarra, Alfredo, Julio Lozano, Martha España, y Jesús Balleza. 2016. “*Aphidius colemani* Viereck 1912 (HYMENOPTERA: BRACONIDAE) PARASITOIDE DE *Rhopalosiphum maidis* Fitch 1856 (HEMIPTERA: APHIDIDAE) Y HUÉSPEDES ALTERNANTES”. *Entomología mexicana* 3(2448-475X):227–31.
- Jiménez, Edgardo. 2009. *Métodos de Control de Plagas*. Vol. 2. Managua, Nicaragua.
- Kaoutar, Fahad, Brhadda Najiba, Ziri Rabea, Benssallem El Hassane, y Gmira Najib. 2019. “Evaluation of the Impact of Five Bio-insecticides of Plant Origin and a Chemical Insecticide on the Survival of Imago of the Parasitoid *Aphidius colemani* under Laboratory Conditions”. *Journal of Experimental Agriculture International* 41(6):1–10. doi: 10.9734/jeai/2019/v41i630428.
- Koopert. 2024a. “Pimiento”. Recuperado (<https://www.koppert.mx/cultivos/hortalizas-de-cultivo-protegido/pimiento/>).
- Koopert. 2024b. “Pulgón del duraznero.” Recuperado (<https://www.koppert.mx/plagas-en-plantas/pulgones/pulgon-del-duraznero/>).
- M.P. Rodríguez, M.M. Sánchez, M. Navarro, V. Aparicio. 2003. “*Aphidius colemani*

- enemigo natural de pulgones”. *HORTICULTURA* 50–53.
- Mazzitelli, M. 2017. “Plantas refugio: su rol en el control biológico de *Myzus persicae* Sulzer (Hemiptera: Aphididae) en el cultivo de duraznero *Prunus persica* (L.) Batsch (Rosaceae) en Junín, Mendoza, Argentina.” Universidad Nacional de La Plata Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales.
- Nájera Rincón, Mb, y B. Souza. 2010. *Insectos benéficos. Guía para su identificación*. Primera ed. C3 diseño.
- Nava Galicia, Soley Berenice; Bibbis Martínez, Martha. 2017. “Control Biológico de Plagas Para Cultivos de Importancia Agronómica”. *Frontera Biotecnologica* (ISSN:2448-8461):15–17.
- Néstor Bautista Martínez. 2023. *INSECTOS Y ÁCAROS DE IMPORTANCIA AGRÍCOLA EN MÉXICO*. 1a ed. editado por Bba. Montecillo, Texcoco, Estado de México.
- Panduro, Ismael. 2015. “COMPORTAMIENTO DE CUATRO HÍBRIDOS DE *Capsicum annuum* L. Y SU EFECTO EN EL RENDIMIENTO DE FRUTOS Y OTRAS VARIABLES AGRONOMICAS, EN ZUNGAROCOCHA DISTRITO DE SAN JUAN BAUTISTA, IQUITOS.”
- Pesticide Action Network. 2023. “Los Pesticidas y El Cambio Climático: Un Círculo Vicioso”. *PAN North America* 1–15.
- Del Pinto, Mariana. 2022. “Curso de horticultura y floricultura año 2022, guía didáctica: cultivo y manejo del pimiento (*Capsicum annuum* L.)”. *Universidad Nacional de la Plata* 19.
- Prado, Sara G., Sarah E. Jandricic, y Steven D. Frank. 2015. “Ecological interactions affecting the efficacy of *aphidius colemani* in greenhouse crops”. *Insects* 6(2075–4450):538–75. doi: 10.3390/insects6020538.
- Ripa, P., y R. Larral. 2008. “Monitoreo de plagas y registros”. Pp. 51–60 en *Manejo de plagas en paltos y cítricos*.
- Rosa, Evelyn. 2005. *ENFERMEDADES*. doi: 10.38141/10791/0024_3.
- Sampaio, Marcus V., Vanda H. P. Bueno, y Raquel Pérez-Maluf. 2001. “Parasitismo de

- Aphidius colemani* Viereck (Hymenoptera: Aphidiidae) eN diferentes densidades de *Myzus persicae* (Sulzer) (Hemiptera: Aphididae)". *Neotropical Entomology* 30(1):81–87. doi: 10.1590/s1519-566x2001000100013.
- Santos, M., F. Diáñez, M. de Cara, F. Camacho, y J. C. Tello. 2010. "El control biológico de plagas y enfermedades. Un encuadre crítico". *Cuadernos de Estudios Agroalimentarios* 1(January):61–72.
- Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural. 2022. "México, principal exportador mundial de pimientos frescos". *Comunicado* 2–5.
- SENASICA, SADER. 2019. *Manual Para el Buen Uso y Manejo de Plaguicidas en Campo*. 1a ed.
- Sepúlveda, Ma Esperanza, Marcos Gerding, y Andrés France. 2012. "Control de plagas con hongos entomopatogenos". *Centro Tecnológico de Control Biológico* 24–26.
- Soto, Sylvana, Ing Agrónoma, y M. Sc. 2018. "Principales enfermedades que afectan el pimiento en Chile". 69–76.
- Tracey, L., Payton., Eric, J., Rebek., Mark, E., Payton. 2020. "Compatibilidad de pesticidas aplicados al suelo y en hojas con parasitoides de *Aphidius colemani*". *Southwestern Entomologist* 45(1):31-4:10. doi: 10.3958/059.045.0103.
- Viñuela, Elisa, y Josep Jacas. 1993. "Los enemigos naturales de las plagas y los plaguicidas". *Hojas divulgadoras* 2/93:24.
- Yagudin., Iván Rolandovich Hernández. 2018. "EFECTO DE LA APLICACIÓN DE MICROORGANISMOS EFICIENTES (ME) Y FITOMAS-E® EN LA PRODUCCIÓN DE PLÁNTULAS DE PIMIENTO (*Capsicum annuum* L)." Universidad de Matanzas Facultad de Ciencias Agropecuarias.
- Zumbado, Manuel., y Daniela Azofeifa. 2018. *Insectos de importancia agrícola*. Primera ed. Heredia, Costa Rica.

7. ANEXOS



Colonia de pulgón



Vasos para liberación de *Aphidius colemani*



Adulto de pulgón parasitado



Liberación de *Aphidius colemani*



Colonia de pulgón



Pulgón reproduciéndose



Inicio de incidencia de momias

Colonias de momias

