

TECNOLÓGICO NACIONAL DE MÉXICO



TECNOLÓGICO NACIONAL DE MÉXICO

**INSTITUTO TECNOLÓGICO SUPERIOR
DE SALVATIERRA**



**“ANÁLISIS DE PARASITISMO DE GUSANO
COGOLLERO (*Spodoptera frugiperda* Smith)
EN EL MUNICIPIO DE YURIRIA, GUANAJUATO”**

**TITULACIÓN INTEGRAL
(TESIS)**

Elaborada por:

JOSÉ CARMEN SILVA SÁNCHEZ

Para obtener el título de:

INGENIERO EN INNOVACIÓN AGRÍCOLA SUSTENTABLE

Directora de Tesis:

DRA. MARCIA MARIBEL MARTÍNEZ SCOTT

Salvatierra, Gto.

Diciembre, 2023



FORMATO DE LIBERACIÓN DEL PROYECTO DE TITULACIÓN INTEGRAL

Salvatierra, Guanajuato, a 30 de noviembre 2023.

C. Lizbeth Estefanía Escobar Paniagua

Jefe de la División de Estudios Profesionales

Presente.

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

Nombre del estudiante: José Carmen Silva Sánchez

Carrera: Ingeniería en Innovación Agrícola Sustentable

No. de Control: AG15110321

Nombre del Proyecto: “Análisis de parasitismo de gusano cogollero (*Spodoptera frugiperda* Smith) en el municipio de Yuriria, Guanajuato”

Producto: Tesis

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

ATENTAMENTE

Dr. Pedro E. Moreno Zacarías

Coordinador de Ingeniería en Innovación agrícola Sustentable

Director de tesis	Revisor 1	Revisor 2
Dra. Marcia Maribel Martínez Scott Nombre y Firma	Ing. Ramón Medina Plaza Nombre y Firma	Ing. Mayra Gabriela Rosas Gallardo Nombre y Firma



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





TECNOLÓGICO NACIONAL DE MÉXICO
INSTITUTO TECNOLÓGICO SUPERIOR DE SALVATIERRA

COORDINACIÓN DE INNOVACIÓN EN AGRÍCOLA SUSTENTABLE

TESIS

Presentada por:

JOSÉ CARMEN SILVA SÁNCHEZ

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

INGENIERO EN INNOVACIÓN AGRÍCOLA SUSTENTABLE

Aprobado por:

Dra. Marcia Maribel Martínez Scott

Directora de Tesis

Ing. Ramón Medina Plaza

Revisor

Ing. Mayra Gabriela Rosas Gallardo

Revisor

Dr. Pedro E. Moreno Zacarías

Coordinador de Innovación en Agrícola Sustentable

AGRADECIMIENTOS

A mis padres: Por su apoyo, motivación y buenos consejos que me han dado a lo largo de mi vida.

A la Dra. Marcia Maribel Martínez Scott: Por dedicar su tiempo a la asesoría del proyecto

Al Ing. Bladimir Bernabé Hernández: Por brindarme su apoyo en la ejecución del proyecto.

DEDICATORIAS

A **Dios** por darme la vida y seguir protegiéndome, dándome sabiduría y salud cada día.

A mis padres, **Esperanza Sánchez Tinoco**, gracias mamá por estar a mi lado y brindarme tu apoyo en todo momento, **J. Carmen Silva Gonzales** por guiarme por el camino del bien y darme tus buenos consejos a lo largo de mi vida, gracias papá por todo.

A mis **Hermanos** por todo su apoyo incondicional en mi formación académica.

A mi novia **Vanessa** por estar a mi lado estos años y apoyarme para seguir superándome cada día más y ser una mejor persona

ÍNDICE

CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN	1
1.1 Importancia del maíz (<i>Zea mays</i> L.)	1
1.2 Planteamiento del problema	3
1.3 Justificación	3
1.4 Objetivos	3
1.4.1 Objetivo General	3
1.4.2 Objetivos Específicos	3
1.5 Hipótesis	4
CAPÍTULO II. MARCO TEÓRICO.....	5
2.1 Antecedentes	5
2.2 Importancia del control biológico	6
2.2.1 Tipos de control biológico	6
2.2.2 Ventajas, desventajas y beneficios del control biológico.	7
2.3 Tipos de enemigos naturales de las plagas.....	7
2.3.1 Depredadores	8
2.3.2 Entomopatógenos.....	8
2.3.3 Virus entomopatógenos	9
2.3.4 Bacterias.....	9
2.3.5 Hongos	9
2.4 Insectos parasitoides como agentes de control biológico	10
2.4.1 Clasificación de los parasitoides	11
2.4.2 Clasificación de acuerdo al estado de desarrollo del huésped	11
2.4.3 Clasificación de acuerdo al número de individuos de los que emergen.....	12
2.4.4 Clasificación de acuerdo a su efecto de desarrollo	12
2.4.5 Ciclo de vida de los parasitoides	13
2.4.4 Localización del hospedero.....	13
2.4.6 Importancia de los parasitoides.....	15
2.5 Principales organismos parasitoides del gusano cogollero.....	16
2.5.1 Trichogrammatidae	16
2.5.2 Braconidae.....	16
2.5.3 Eulophidae.....	17
2.5.4 Ichneumonidae	17
2.5.5 Sarcophagidae.....	18

2.6 Gusano cogollero (<i>Spodoptera frugiperda</i>).....	18
2.6.1 Clasificación taxonómica.....	18
2.6.2 Biología y morfología	19
2.6.3 Ciclo de vida	20
2.6.4 Importancia del gusano cogollero (<i>Spodoptera frugiperda</i>) en México	22
CAPITULO III. METODOLOGÍA	23
3.1 Área de estudio	23
3.2 Materiales y Métodos	24
3.2.1 Colectas	24
3.2.2 Monitoreo y alimentación de las larvas capturadas.....	25
3.2.3 Porcentaje del parasitismo.....	25
3.2.4 Identificación de los parasitoides	26
3.2.5 Análisis de diversidad de especies de parasitoides	26
3.2.6 Identificación de hongos Entomopatógenos	27
CAPITULO IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	29
4.1 Porcentaje de parasitismo	29
4.2 Identificación de parasitoides	30
4.3 Identificación de hongos entomopatógenos.....	32
4.4 Diversidad de especies encontradas	35
4.5 Discusión.....	36
CAPITULO V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	39
5.1 Conclusiones.....	39
5.2 Recomendaciones.....	40
CAPITULO VI. BIBLIOGRAFÍA CITADA	41
CAPÍTULO VII. ANEXOS.....	51
7.1 GLOSARIO.....	61

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Ciclo de vida de los parasitoides.....	15
Figura 2. Ciclo de vida de <i>Spodoptera frugiperda</i>	21
Figura 3. Área de estudio (M ₁ : muestreo 1, M ₂ : muestreo 2, M ₃ : muestreo 3)	23
Figura 4. Crecimiento macroscópico del hongo de <i>Beauveria</i>	33
Figura 5. Estructuras microscópicas del aislado de <i>Beauveria</i>	34
Figura 6. Estructuras macroscópicas del aislado de <i>Metarhizium sp.</i>	35
Figura 7. Estructura microscópica del hongo <i>Metarhizium sp.</i>	35
Figura 8. Etapas larvales del gusano cogollero.....	49
Figura 9. Colecta de larvas de <i>Spodoptera frugiperda</i>	49
Figura 10. Gusano cogollero capturado y separado individualmente.....	52
Figura 11. Larva muerta por hongo Entomopatógeno.....	53
Figura 12. Pupa de parasitoide	53
Figura 13. Pupa de <i>Ophion sp.</i>	54
Figura 14. Larva muerta por <i>Beauveria bassiana</i>	54
Figura 15. Registro de larvas parasitadas	55
Figura 16. Larva muerta por <i>Metarhizium sp.</i>	56
Figura 17. Aislamiento de hongos Entomopatógenos en PDA.....	56
Figura 18. Crecimiento macroscópico del hongo de <i>Beauveria</i>	57
Figura 19. <i>Ophion sp.</i>	57
Figura 20. <i>Campoletis sonorensis</i>	58
Figura 21. <i>Adulto de Chelonus sonorensis</i>	58
Figura 22. <i>Pristomerus spinator</i>	59

Figura 23. <i>Archytas marmoratus</i>	59
Figura 24. <i>Chelonus insularis</i>	60

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Tipos de parasitoides por el estado que parasitan (Carballo, 2002).	12
Tabla 2. Duración de los diferentes estados biológicos de <i>S. frugiperda</i> en relación con la temperatura (García y Tarango, 2009).....	21
Tabla 3. Capturas de gusano cogollero en Puquichapio.....	25
Tabla 4. Parasitismo natural en el municipio de Yuriria, Guanajuato.	29
Tabla 5. Especies de parasitoides encontrados en el municipio de Yuriria, Gto. Durante el ciclo primavera-verano de 2019.	31
Tabla 6. Índice de diversidad de Shannon-Weiner para las especies de parasitoides del municipio de Yuriria, Guanajuato.....	36

ÍNDICE DE GRÁFICOS

Gráfico 1 . Parasitismo de gusano cogollero en primavera-verano de 2019 en el municipio de Yuriria, Gto.	30
Gráfico 2. Especies de parasitoides encontradas en el municipio de Yuriria, Gto.....	32
Gráfico 3. Hongos Entomopatógenos encontrados en primavera-verano de 2019 en el municipio de Yuriria, Gto.	33

RESUMEN

El maíz (*Zea mays*), es uno de los cereales más importantes del mundo, suministra elementos nutritivos a los seres humanos, a los animales y es una materia prima básica de la industria. El maíz es un cultivo representativo de México por su importancia económica, social y cultural. Sin embargo, es susceptible al ataque de plagas como el gusano cogollero (*Spodoptera frugiperda*) afectando al cultivo en la etapa de desarrollo vegetativo, ocasionando pérdidas económicas debido a la reducción de los rendimientos de cosecha. Este proyecto tuvo el objetivo de identificar las especies de organismos y microorganismos que atacan a el gusano cogollero en el municipio de Yuriria, Gto. Los muestreos se realizaron durante los meses de agosto-octubre de 2019 en cultivos de maíz de temporal, dichas colectas fueron realizadas en la comunidad de Puquichapio, Yuriria, Gto. En total se colectaron 300 larvas de diferentes instares de *Spodoptera frugiperda*, para identificar los parasitoides nativos y evaluar su parasitismo natural. El promedio de parasitismo natural que se presentó sobre larvas de gusano cogollero del maíz es de 19.92 %, el tercer punto de muestreo fue donde se obtuvo un mayor porcentaje de parasitismo con un 28.80 %, seguido de un 16.90 % en el segundo sitio y un 14.08% para el primer sitio de muestreo. Los parasitoides con mayor porcentaje fueron: *Ophion sp* y *Chelonus insularis*. Además de que también se presentaron larvas muertas por hongos entomopatógenos, las dos especies que fueron identificadas fueron *Beauveria bassiana* y *Metarhizium sp*.

ABSTRACT

Corn (*Zea mays*) is one of the most important cereals in the world, it provides nutritional elements to humans and animals and is a basic raw material for industry. Corn is a representative crop of Mexico due to its economic, social and cultural importance. However, it is susceptible to attack by pests such as the fall armyworm (*Spodoptera frugiperda*), affecting the crop in the vegetative development stage, causing economic losses due to reduced crop yields. This project had the objective of identifying the species of organisms and microorganisms that attack the fall armyworm in the municipality of Yuriria, Gto. Sampling was carried out during the months of August-October 2019 in rainfed corn crops. These collections were carried out in the community of Puquichapio, Yuriria, Gto. In total, 300 larvae of different instars of *Spodoptera frugiperda* were collected to identify native parasitoids and evaluate their natural parasitism. The average natural parasitism that occurred on corn fall armyworm larvae is 19.92%, the third sampling point was where the highest percentage of parasitism was obtained with 28.80%, followed by 16.90% in the second site and a 14.08% for the first sampling site. The parasitoids with the highest percentage were: *Ophion* sp and *Chelonus insularis*. In addition to the fact that larvae killed by entomopathogenic fungi were also present, the two species that were identified were *Beauveria bassiana* and *Metarhizium* sp.

CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN

1.1 Importancia del maíz (*Zea mays* L.)

El maíz es el cereal más representativo de México por su importancia económica, social y cultural, con un consumo promedio por persona de 196.4 kg al año de maíz blanco, lo que representa un 20.9 % del gasto total de alimentos y bebidas realizado por las familias mexicanas. De forma tradicional se consume como tortilla.

En el cultivo de maíz se presentan diferentes plagas durante todo su ciclo fenológico (García-Gutiérrez *et al.*, 2012), las cuales causan daños significativos en las actividades agrícolas y, por ende, en su rentabilidad. Los insectos del orden Lepidóptera se consideran como los organismos de mayor importancia, afectando el desarrollo y crecimiento de la planta de maíz (Reséndiz *et al.*, 2016), en las que sobresale *S. frugiperda* (Smith) (Lepidóptera: Noctuidae) (Rangel *et al.*, 2014), provocando un atraso en el desarrollo del cultivo y disminución del rendimiento, cuando la infestación es alta puede provocar la defoliación completa del cultivo.

Para el control de esta plaga se utilizan distintos métodos, dentro de los cuales destacan el uso de plaguicidas sintéticos por ser el de uso más generalizado (García-Gutiérrez *et al.*, 2012), este método es altamente efectivo. Pero, sin embargo, aumenta los costos de producción. El uso de manera inadecuada e indiscriminadamente genera resistencia en las poblaciones de Gusano cogollero, además de tener efectos nocivos sobre la salud humana y la entomofauna benéfica.

Smithy Capinera (2012). Mencionan que el control biológico como una alternativa usada para reducir las poblaciones de insectos dañinos con enemigos naturales. Dentro de estos controladores naturales se encuentran insectos depredadores y parasitoides, así como microorganismos entomopatógenos.

Los parasitoides son insectos que se desarrollan, ya sea dentro o fuera de su hospedero hasta causar la muerte (Villegas-Mendoza *et al.*, 2015); por lo general, son para el control específico de una plaga. Algunas pequeñas avispas son altamente activas, como los de las familias Braconidae e Ichneumonidae; estas suelen identificar

a su hospedero mediante diversas señales sensoriales, una vez que lo ubican depositan sus huevecillos sobre o dentro del huésped, provocando la muerte de este cuando las larvas de los parasitoides consumen sus tejidos (Hernández-Trejo *et al.*, 2018).

Los entomopatógenos son microorganismos que tienen la capacidad de adherirse a la superficie de los insectos que atacan a los cultivos, de esta manera se desarrollan en su interior causándoles daños hasta provocarles la muerte, al inicio los síntomas no son evidentes, pero luego de algunos días los insectos pierden el apetito lo que por consecuencia les causa la muerte (Pacheco- Hernández., 2019).

Los géneros de hongos entomopatógenos considerados de los más importantes son: *Metarhizium*, *Beauveria*, *Aschersonia*, *Entomophthora*, *Fusarium*, *Hirsutella*, *Paecilomyces* y *Verticillium*, entre otros (Motta-Delgado y Murcia-Ordoñez, 2011). En México, diversos estudios han constatado la presencia de hongos entomopatógenos como *M. anisopliae*, *Beauveria bassiana* (Bals.) Vuill y *Paecilomyces sp.*, en cultivos de maíz (Hernández-Velázquez *et al.*, 2011).

Durante la temporada primavera- verano de 2019 se realizaron 3 colectas de larvas de cogollero, estas fueron realizadas en cultivos de maíz de temporal en el municipio de Yuriria, Guanajuato. En total se colectaron 300 larvas de *Spodoptera frugiperda* las cuales fueron alimentadas hasta que completaran su ciclo de vida o llegaran a morir por consecuencia del parasitismo, identificando insectos parasitoides de 3 familias diferentes y 2 especies de hongos entomopatógenos distribuyéndose en los diferentes puntos donde se realizaron las colectas, se obtuvieron los porcentajes de cada colecta y se analizó la diversidad de especies parasitoides con el índice de Shannon-Weiner.

1.2 Planteamiento del problema

Las plagas se han convertido en un dolor de cabeza para los productores, específicamente el gusano cogollero que, en las diferentes localidades del municipio de Yuriria, Gto. Se han presentado infestaciones severas por dicha plaga la cual ha mermado los rendimientos hasta en 30%. Además de que el uso de plaguicidas químicos se ha incrementado para tratar de disminuir las poblaciones de cogollero, ocasionando un desbalance entre los insectos benéficos y ocasionando contaminaciones al ambiente.

1.3 Justificación

La demanda de alimentos como el maíz que es un grano básico presenta problemas de plagas y enfermedades, las cuales generalmente se controlan con aplicaciones excesivas de agroquímicos. Sin embargo, la agricultura sustentable involucra técnicas modernas en la producción de alimentos inocuos. Una de ellas es el uso de organismos y microorganismos biocontroladores, que pueden regular las poblaciones de insectos plaga en los cultivos; razón por la cual, esta investigación, proporcionará información confiable sobre las especies de parasitoides y hongos entomopatógenos nativos del municipio de Yuriria, Gto., que pueden ser usados para el control del gusano cogollero en maíz.

1.4 Objetivos

1.4.1 Objetivo General

Colectar e Identificar las especies de organismos y microorganismo que parasitan al gusano cogollero (*Spodoptera frugiperda*) en el municipio de Yuriria, Gto.

1.4.2 Objetivos Específicos

Identificar los principales insectos parasitoides en *Spodoptera frugiperda*.

Identificar los principales hongos entomopatógenos que colonizan al gusano cogollero

Determinar el porcentaje de parasitoides en larvas de gusano cogollero.

1.5 Hipótesis

De forma natural existe un porcentaje significativo de larvas parasitadas por organismos parasitoides y por microorganismos entomopatógenos, de las cuales al menos un 10% de las especies que los parasitan y enferman, presentan potencial para ser usadas en un programa de control biológico de plagas y microorganismos causantes de enfermedades.

CAPÍTULO II. MARCO TEÓRICO

2.1 Antecedentes

Durante el ciclo primavera-verano Bernabé-Hernández (2017). Realizó tres colectas de gusano cogollero en el sur de Guanajuato, dichas colectas fueron en los municipios de Moroleón y Uriangato, se colectaron 125 larvas por punto de muestreo de las cuales se obtuvo un 31 % de larvas parasitadas en Uriangato y un 22 % en el municipio de Moroleón, donde *Chelonus* spp. y *Meteorus* spp. fueron los parasitoides con mayor presencia en los dos municipios.

En el 2010 Bahena *et al.*, llevaron a cabo un estudio de parasitismo de gusano cogollero del maíz en el centro de México realizando 25 colectas de larvas de tres regiones agrícolas con diferente ambiente climático (Valle de Apatzingán, Valle de Morelia, Queréndaro Michoacán y Zacatepec, Morelos) obteniendo un porcentaje de parasitismo de 39.83 % en el Valle de Apatzingán, 30.32 % en Morelos y un 44 .12 % en el Valle de Morelia. De 1017 parasitoides emergidos se tuvo registro de 12 especies identificadas de 3 familias distintas en las cuales *Chelonus insularis* y *Campoletis sonorensis* han sido los parasitoides más importantes.

Las avispas ichneumonoideas son de gran importancia dado que regulan gran cantidad de poblaciones de sus hospederos, en este caso el gusano cogollero del maíz (*Spodoptera frugiperda*). Rodríguez *et al.*, 2014 habla sobre el impacto que tienen las avispas de la familia Ichneumonoidea que atacan al gusano cogollero en México, diez diferentes especies de esta familia son las responsables de parasitar y matar a la larva, de las cuales la especie *Diapetimorpha introita* es apto para reducir la población de gusano cogollero hasta en un 65 %. Se han tenido registros de esta especie en los estados de Puebla, Tabasco, Tamaulipas, Veracruz y Yucatán por lo que es de gran importancia como una alternativa ecológica para controlar a esta plaga ya que también se ha encontrado en altitudes que van desde los 300 a los 2000 msnm.

2.2 Importancia del control biológico

El control biológico es la regulación de un organismo como consecuencia de la actividad de otro, lográndose con esto un equilibrio poblacional, Rodríguez *et al* (2010). Esta actividad en el ámbito de la agricultura, significa la disminución de un organismo el cual está atacando al cultivo y generando pérdidas económicas (plaga). Este método de control se diferencia de los demás ya que depende de la densidad de población que hay de organismos benéficos, para que un enemigo natural sea efectivo este debe reducir la densidad poblacional de una plaga y mantenerla en niveles por debajo del umbral económico establecido para el cultivo Guédez *et al* (2009). Un enemigo natural, desde el punto de vista económico es efectivo, cuando es capaz de regular la densidad poblacional de una plaga y mantenerla en niveles por debajo del umbral económico establecido para un determinado cultivo.

2.2.1 Tipos de control biológico

Existen tres tipos de control biológico: conservativo, clásico y aumentativo. Los cuales pueden ser utilizados dependiendo de las plagas que se presenten.

Conservativo: El control biológico por conservación establece prácticas y estrategias para mejorar el establecimiento y la proliferación de organismos benéficos propios del lugar, limitando el uso de prácticas que los desfavorezcan e implementando aquellas estrategias que los favorezcan. Este enfoque asume que los enemigos naturales ya presentes pueden potencialmente suprimir la plaga si se les da la oportunidad de hacerlo (Rodríguez, *et al*, 2010).

Clásico: requiere la colecta de enemigos naturales en el área de origen del organismo invasor, su envío al lugar invadido y su liberación y establecimiento (Van Driesche, *et al*, 2007).

Aumentativo: implica la utilización de organismos vivos para controlar plagas siendo que el control solamente puede ser logrado por los organismos liberados en gran número, los que también provienen de crías masivas (Gomez- Paullier, 2015).

2.2.2 Ventajas, desventajas y beneficios del control biológico.

El control biológico posee muchas ventajas (Ceballos, 2010) entre las que se pueden destacar:

- Poco o nulo efecto nocivo de los enemigos naturales o del hombre
- No hay resistencia por parte de la plaga
- Evita plagas secundarias
- La relación costo beneficio es favorable
- Se elimina el uso de insecticidas químicos
- Menor daño al medio ambiente
- No hay problemas por intoxicaciones

Entre las desventajas que tiene el control biológico se pueden citar las siguientes:

- Falta de conocimiento de las personas
- Enemigos naturales muy susceptibles a los insecticidas sintéticos
- El tiempo de acción es más lento

El beneficio del control biológico se puede valorar en términos de éxito o fracaso (DeBach, 1968). un caso de éxito es cuando se utiliza el control biológico contra una plaga importante en áreas muy extensas y donde el uso de insecticidas es muy raro.

2.3 Tipos de enemigos naturales de las plagas

La gran mayoría de las plagas tiene enemigos naturales los cuales mediante su actividad regulan las poblaciones de estas. Estos enemigos naturales están clasificados en tres grandes grupos: depredadores, parasitoides y entomopatógenos (Alcázar, 2000).

2.3.1 Depredadores

Un depredador es aquel organismo que ataca, mata y consume a otros individuos durante su ciclo de vida (Kondo-Rincón, *et al*, 2019). En la mayor parte de los casos los responsables de estos se encuentran en etapas larvales o en adulto quienes buscan activamente a sus presas y se alimentan de ellas (Badii-Abreu, 2006).

Los depredadores realizan control biológico natural ya que necesitan estar alimentándose de más de una presa para poder completar su ciclo de vida, en la mayoría de los casos tienen un tamaño mayor al de sus presas y son fundamentalmente litófagos o polífagos, algunos insectos se alimentan indistintamente de insectos dañinos o benéficos. Por ejemplo, *Hippodamia convergens* la cual en sus etapas larvales y en su estado adulto se alimenta de un gran número de *Melanaphis sacchari* por día.

2.3.2 Entomopatógenos

Los entomopatógenos son un amplio grupo de microorganismos los cuales son beneficiosos para los sistemas agroecológicos teniendo la capacidad de controlar de manera natural a un gran número de insectos fitófagos. Los entomopatógenos tienen la capacidad de enfermar a los insectos plaga hasta provocarles la muerte (Pacheco-Hernández., 2019).

Dentro de los agentes entomopatógenos se encuentran principalmente a las diferentes cepas de bacterias, hongos y virus, estos microorganismos se caracterizan por su escasa toxicidad a otros organismos, además de no provocar daños secundarios como contaminación al medio ambiente ni daños al humano y representa una de las alternativas más sustentables en los últimos años (Zelaya-Molina *et al.*, 2022).

2.3.3 Virus entomopatógenos

Un virus entomopatógeno es un agente microbiológico no celular el cual tiene un genoma con la capacidad de replicarse y adaptarse a los cambios ambientales. Las familias de virus más comunes son:

- Baculoviridae (ataca Lepidópteros e himenópteros),
- Reoviridae (ataca Lepidópteros y Dípteros)
- Poxviridae (virus entomopox que ataca Lepidópteros y Coleópteros).

De los virus entomopatógenos, los baculovirus son los más utilizados con fines de control biológico, debido a que tienen un rango de hospedantes limitado a algunas especies de Lepidópteros, Himenópteros, Dípteros, Coleópteros y Tricópteros (Caballero y Williams, 2008).

2.3.4 Bacterias

Dentro de las bacterias entomopatógenos se encuentran aquellas que producen metabolitos específicos capaces de actuar contra insectos, hongos y nematodos, algunos géneros de bacterias que se encuentran en este grupo son *Bacillus*, *Pseudomonas* y *Streptomyces*. *Pseudomonas syringae* produce metabolitos conocidos como pseudomicinas que se han probado contra patógenos fúngicos responsables de los daños en humanos y plantas. se ha investigado que pseudomicinas tienen efecto contra diversos microorganismos patógenos (Carreras, 2011).

2.3.5 Hongos

Aproximadamente el 80 % de las enfermedades que se producen en los insectos tienen como agente causal a los hongos entomopatógenos, según Motta-Delgado (2011) estos hongos son un grupo diverso de microorganismos que tienen la capacidad de provocar enfermedades a los insectos plaga y ocasionarles la muerte en un corto periodo de tiempo.

Particularmente los hongos son una de las mejores alternativas para el control de insectos plaga pues se conocen alrededor de 100 géneros y 700 especies de las cuales las más importantes son las siguientes: *Metarhizium*, *Beauveria*, *Aschersonia*, *Hirsutella*, *Hymenostilbe*, *Paecilomyces* y *Verticillium* (Gonzales, *et al.*, 2012).

2.4 Insectos parasitoides como agentes de control biológico

Los parasitoides son insectos que generalmente atacan organismos del mismo tamaño, estos se desarrollan dentro o sobre el hospedero de interés que con el paso de los días muere al ser atacado (Zelaya-molina *et al*, 2022).

Usualmente son confundidos con los parasitos (amibas, piojos y garrapatas) pero hay diferencias importantes entre ellos, mientras los parasitos son organismos que viven a expensas de otros y que raramente matan su hospedero los parasitoides una vez que han hecho uso de el para su alimentacion por consecuencia lo matan (Casanova, 2011). Entre los organismos atacados por los parasitoides se encuentran principalmente larvas de mariposas, escarabajos, hormigas y abejas adultas, asi como huevesillos de mariposas, palomillas o de arañas.

Según Nájera y Souza (2010) la mayor parte de los insectos parasitoides pertenecen a las siguientes ordenes:

- Himenóptera (abejas, avispas y hormigas)
- Díptera (moscas)

Unos pocos son Coleóptera, Neuróptera o Lepidóptera.

Entre los organismos hospederos de estos parasitoides se encuentran siempre a otros invertebrados principalmente a larvas de mariposa, de escarabajos, hormigas y abejas adultas, así como huevecillos de mariposas, de palomillas o arañas.

Los organismos parasitoides son los enemigos naturales más utilizados en el control biológico aplicado, así como el gran papel que desempeñan como reguladores naturales de las plagas que atacan a los diferentes cultivos agrícolas (Bernal, 2007).

2.4.1 Clasificación de los parasitoides

Clasificación de acuerdo al tipo de parasitoide (Bernal, 2007).

Parasitoides primarios: son aquellos que parasitan a huéspedes que no son parasitoides como lo son especies herbívoras y depredadoras.

Parasitoides secundarios: aquellos en los cuales sus huéspedes son los parasitoides primarios, también llamados “hiperparasitoides” Najera y Souza (2010) señalan que los parasitoides se clasifican por su ubicación y desarrollo en el hospedero como endoparasitoides y ectoparasitoides.

Endoparasitoides: organismos que se ubican y alimentan dentro del insecto hospedero, por ejemplo, *Cotesia flavipes*, parasitoide de *Diatraea sacharalis* en caña de azúcar.

Ectoparasitoide: se alimenta y desarrolla en el exterior del hospedero, por ejemplo, *Diglyphus* spp. Parasitoide de *Liriomyza*.

2.4.2 Clasificación de acuerdo al estado de desarrollo del huésped

Parasitoides de huevos, larvas, ninfas, pupas, o adultos: esta clasificación esta descrita de acuerdo a la etapa de desarrollo en la que se encuentra el huésped, en el que el parasitoide inicia y completa su estado larvario. Muchos parasitoides explotan a dos estados de desarrollo del huésped, iniciando su desarrollo en la larva del huésped y terminándolo en el estado de pupa o el desarrollo se inicia en el huevo y termina en la etapa larval de su hospedero (Tabla 1).

Tabla 1. Tipos de parasitoides por el estado que parasitan (Carballo, 2002).

Tipo de parasitoide	Familia	Especies
De huevo	Mymaridae,	
	Trichogrammatidae,	<i>Trichogramma spp</i>
	Scelionidae	<i>Trissolcus spp.</i>
De huevo-larva	Braconidae	<i>Chelonus spp.</i>
De ninfas	Aphidiinae	<i>Diaeretiella</i>
De larvas	Ichneumonidae,	
	Braconidae,	<i>Cotesia flavepis</i>
	Tachinidae	
De pupa	Chalcididae,	<i>Spalangia spp.</i>
	Ichneumonidae,	
	Pteromalidae	
De larva- pupa	Braconidae	<i>Opius</i>
	Braconidae, Tachinidae	<i>Belvosia spp.</i>

2.4.3 Clasificación de acuerdo al número de individuos de los que emergen

se clasifican como:

Parasitoide solitario: hay un solo parasitoides por huésped

Parasitoide gregario: varios parasitoides dentro del huésped

2.4.4 Clasificación de acuerdo a su efecto de desarrollo

Los parasitoides se clasifican también de acuerdo al efecto en el desarrollo del huésped, los cuales son idiobionte y koinobionte (Cabello, 2006).

Idiobionte: el desarrollo del huésped se detiene o se reduce desde la parasitación, es decir, son parasitoides de huevo, larvas y pupas. Ej.: *Trichogramma*

Koinobionte: el desarrollo del huésped continúa a la misma o casi velocidad desde su parasitación hasta la muerte, es decir, son parasitoides de huevo-larva, larva-pupa. Ej.: *Diadegma insulare*

2.4.5 Ciclo de vida de los parasitoides

El ciclo de vida de un parasitoide consta de varios pasos continuos, dando inicio en la atracción de los dos individuos adultos por medio de feromonas, se aparean cerca o lejos del hospedero donde depositarán los huevesillos posteriormente a esto los adultos se alimentan del nectar de las flores o de fluidos de los hospederos que van a parasitar (Robles, 2016). La hembra adulta pone uno o varios huevesillos en el cuerpo del hospedero, cuando el huevo madura y nace el nuevo parasitoide este se alimenta del hospedero y con el paso de los días lo mata, pasa a estado de pupa en la cual ya no se alimenta posteriormente emerge de su pupa y ya en estado adulto es de vida libre y se alimenta de agua y nectar de las flores.

2.4.4 Localización del hospedero

Para localizar a sus hospederos los parasitoides utilizan señales de diferentes tipos las cuales les ayudan a reducir el volumen físico de búsqueda, estas señales pueden provenir de plantas de las cuales se alimenta el hospedero. Dichas señales se dan gracias a la interacción que hay entre el organismo de interés y la planta sobre la cual se está alimentando, las señales pueden ser químicas, como los olores de varias sustancias que desprende la planta así como físicas (textura y movimientos) e inclusive señales visuales como lo son los colores y las formas.

Acebedo (2020) señala tres pasos principales en los cuales los insectos parasitoides utilizan para localizar a su huésped:

- Localización del hábitat del insecto huésped de interés
- Se ubica al insecto
- Proceso de inspección y aceptación del huésped

Para localizar a su huésped los parasitoides utilizan tres tipos de señales (hábitat, huésped y parasitoides) en las cuales intervienen las señales provenientes del hábitat del huésped las cuales son provocadas por los daños mecánicos que el insecto de

interés ocasiona al alimentarse sumado por la secreción de las moléculas de sus glándulas salivales, tracto digestivo y oviducto son reconocidos por la planta como señales para activar y liberar sustancias volátiles como medio de defensa (terpenos, fenoles, flavonoides, taninos y alcaloides entre otros.) estos compuestos son emitidos por hojas, flores, frutos y raíces hacia la atmósfera creando interacciones con otras plantas e insectos las cuales son señales confiables que utilizan los insectos controladores para localizar al huésped (War et al., 2012).

Una vez localizado el hábitat de su huésped los parasitoides buscan señales químicas para confirmar la presencia del insecto de interés, algunos parasitoides detectan semioquímicos presentes en feromonas (sexuales, de alarma o de agregación), excrementos, excreciones azucaradas, escamas, secreciones de glándulas y huellas químicas (Meiners y Peri, 2013). También son capaces de reconocer hidrocarburos cuticulares dejados por insectos sobre las plantas, estas huellas químicas son kairomonas de contacto compuestas por alquenos, cetonas, ácidos grasos y alcoholes que le permiten identificar la presencia de su insecto huésped (Colazza *et al.*, 2007; Lo Giudice *et al.*, 2011; Rostás y Wölfling, 2009).

Los parasitoides también producen y responden a feromonas producidas por sus hospederos lo cual interviene en su comportamiento sexual y de oviposición, las hembras de insectos parasitoides utilizan señales químicas para saber si un insecto huésped ya ha sido parasitado (Ruther, 2013). Estas señales son llamadas moléculas de marcaje y anti agregación las cuales son producidas y liberadas por hembras de parasitoides durante o después de la oviposición con el objetivo de repeler a otras hembras grávidas y así evitar futura competencia de larvas en desarrollo.

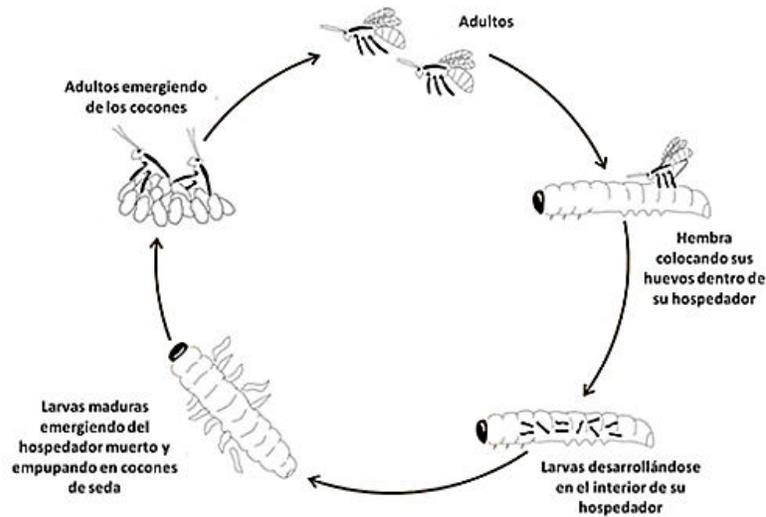


Figura 1. Ciclo de vida de los parasitoides

2.4.6 Importancia de los parasitoides

Los parasitoides, al alimentarse y matar a otros organismos, disminuyen el número de individuos de varias especies de insectos y arañas. Es decir, en la cadena alimenticia contribuyen a regular el tamaño de las poblaciones de los organismos que les sirven de hospederos. Los conocimientos adquiridos al estudiar la biología de los parasitoides se han utilizado para crear programas en contra de las plagas que atacan a plantas cultivadas que nos sirven de alimento, como maíz, jitomate, chile, etcétera. Entre los parasitoides empleados en los campos de cultivo para eliminar plagas se encuentra la pequeña avispa *Trichogramma sp.*, que es parasitoide de los huevos de algunas mariposas, escarabajos y moscas que atacan los cultivos de algodón, maíz, caña de azúcar, manzana, aguacate y otros árboles frutales. También se ha utilizado a la avispa *Cotesia marginiventris*, que ataca al gusano cogollero del maíz, *Spodoptera frugiperda*. De esta manera no se utilizan insecticidas, que en algunas ocasiones son nocivos y en otras poco eficientes, sino que se usa a los enemigos naturales de las plagas.

2.5 Principales organismos parasitoides del gusano cogollero

En México se tienen registradas 40 especies de parasitoides de las cuales los géneros que destacan: Trichogrammatidae, Braconidae, Eulophidae, Ichneumonidae y varias especies de moscas de la familia Sarcophagidae y Tachinidae (Bahena *et al.*, 2010)

2.5.1 Trichogrammatidae

Trichogramma spp

Son diminutas avispidas se caracterizan por tener el cuerpo de color amarillo anaranjado a negruzco, la longitud de su cuerpo es de 0.5 mm, las hembras presentan antenas simples de forma clavada y los machos antenas plumosas, Son endoparasitoides gregarios principalmente de huevos de lepidópteros muy utilizados a nivel mundial en programas de control biológico de plagas (García *et al.*, 2011).

2.5.2 Braconidae

Chelonus spp

Es un endoparasitoide ovo-larval solitario de varias especies de lepidópteros, siendo parasitoide clave del cogollero del maíz, *Spodoptera frugiperda*, resistente a insecticidas, y se utiliza en el control de plagas (Zenner, 2006).

Apanteles spp,

Es un endoparasitoide solitario de larvas de micro lepidópteros, aunque también existen especies gregarias que parasitan larvas de macro lepidópteros (Whitfield 1997). Existen diversas especies que se consideran promisorias para el control biológico de distintas especies de lepidópteros plaga (Espino-Herrera *et al.*, 2013).

Cotesia marginiventris

C. marginiventris es un endoparasitoide generalista y solitario, originario del continente americano y descrito por primera vez en Cuba. Se le ha citado en diversas partes del

mundo sobre un amplio rango de huéspedes, en especial sobre lepidópteros de la familia Noctuidae (Urbaneja *et al.*, 2002).

Meteorus laphygmae

M. laphygmae es un endoparasitoide perteneciente a la familia Braconidae enemigo natural de *Spodoptera frugiperda* y otros lepidópteros de la familia noctuidae. Este organismo desarrolla solamente un individuo por hospedante y la hembra llega a producir hasta 100 huevos (León *et al.*, 1984).

2.5.3 Eulophidae

Euplectrus spp

Son avispidas que miden de 0.4 a 6 mm de longitud, de cuerpo frágil y coloración castaña, parasitoides de huevos, larvas y pupas de más de 10 órdenes de insectos, pueden ser solitarios, gregarios, parásitos externos o internos, inclusive de insectos acuáticos y adultos de algunas especies de insectos (Nájera y Souza., 2010).

2.5.4 Ichneumonidae

Ophion spp

Endoparásitos koinobiontes y solitarios, principalmente de larvas de Lepidópteros de las familias Noctuidae, Lasiocampidae, Lymantriidae, Saturniidae, Geometridae, Arctiidae y Sphingidae (Carlson 1979). son parasitoides comunes de plagas de lepidópteros en bosques y agroecosistemas por lo que el mejor entendimiento de estas avispidas facilitaría utilizarlas como controladores biológicos (Sánchez *et al.*, 2014).

Pristomerus spinator

Parasitoide perteneciente a la subfamilia Cremastinae, puede encontrarse en la mayor parte del mundo. Generalmente son endoparasitoides solitarios, koinobiontes, atacan principalmente a larvas de lepidópteros y coleópteros (Bahena, 2008).

Campoletis spp

Parasitoide perteneciente a la subfamilia Campopleginae de distribución cosmopolita, generalmente son endoparasitoides solitarios de larvas de lepidópteros (Bahena, 2008).

2.5.5 Sarcophagidae

Archytas marmoratus

Son moscas que parasitan otras especies, las moscas adultas depositan larvas vivas en el follaje donde las larvas de la plaga se encuentran alimentándose, parasitan larvas de lepidópteros en el penúltimo y último instar de desarrollo (Bahena, 2008).

2.6 Gusano cogollero (*Spodoptera frugiperda*)

El gusano cogollero (*Spodoptera frugiperda*) es una plaga polífaga que se llega a alimentar durante los primeros días de desarrollo del cultivo y de no controlarse a tiempo puede provocar reducciones significativas en el rendimiento de cereales de gran importancia como lo es el maíz, es originario de las regiones tropicales y subtropicales de las américas (FAO, 2017).

2.6.1 Clasificación taxonómica

La clasificación taxonómica del gusano cogollero es la siguiente (Chango, 2012):

Reino: Animal

Phylum: Artrópoda

Subphylum: mandibulata

Clase: Insecta

Subclase: Endopterygota
División: Pterigota
Orden: Lepidoptera
Suborden: Frenatae
Súper familia: Noctuidae
Familia: Noctuidae
Subfamilia: Amphipyridae
Tribu: Prodeniini
Género: *Spodoptera*
Especie *Frugiperda*

2.6.2 Biología y morfología

Huevo

Son esféricos un poco aplanados, con un diámetro de 0.5 mm aproximadamente, de color blanco amarillento, a medida que su incubación avanza se van tornando de color gris rojizo, son generalmente depositados en grupos o masas que forman varias capas de cien o más huevos, cubiertos por un tipo de telaraña que es secretada por la hembra y escamas de su cuerpo lo cual les brinda protección durante su desarrollo (Ruíz *et al*, 2013).

Larva

Recién eclosionados los huevecillos la larva tiene un tamaño aproximadamente de 1.5 mm de largo, con una tonalidad blanquecina, cabeza de color negro que sobresale, el cuerpo está cubierto por pequeños pelos muy finos. En etapas larvales más avanzadas presenta una coloración más variable, pudiéndose presentar de color verdoso hasta un gris oscuro. En el centro de su cuerpo se presenta una franja longitudinal de color oscuro y otras dos líneas más angostas de color café más claro. Presenta un escudo cervical café oscuro; la cabeza es de color café amarillento, más angosta que el cuerpo y presenta una sutura epicraneana muy remarcada y en forma de Y invertida en su

máximo crecimiento llega a alcanzar un tamaño de 34 a 44 mm de largo. Esta especie presenta de seis a siete instares larvales (figura 1) además de que se han observado hábitos de canibalismo entre ellas después del tercer instar (Ruíz *et al*, 2013).

Pupa

Con un tamaño aproximadamente de 18 mm de longitud la pupa es de color café oscuro muy brillante y lisa, es del tipo octeto. El cremáster está constituido por dos espinas pequeñas en forma de “V” invertida. Esta fase se desarrolla en el suelo y el insecto está en reposo hasta los 8 a 10 días en que emerge el adulto (Ruíz *et al*, 2013).

Adulto

El adulto es una palomilla de color grisáceo que mide alrededor de 3 cm con las alas extendidas, antenas filiformes, las alas del macho son de un color más claro que las hembras y tienen una macha transversal de color blanco, las hembras presentan las alas anteriores de color gris, más homogéneas en comparación a las del macho. Son de hábitos nocturnos ya que se alimentan, aparean y oviposita durante la noche (Ruíz *et al*, 2013).

2.6.3 Ciclo de vida

Las hembras generalmente depositan sus huevecillos en grupos de 50 a 200 por cada puesta durante las primeras horas de la noche tanto en el haz como en el envés de la hoja protegiéndolos con segregaciones de su aparato bucal y escamas de su cuerpo, las larvas eclosionan a los tres días o menos cuando la temperatura es elevada (> 25 °C). las larvas pasan por seis o siete estadios, la fase de pupa se desarrolla en el suelo y entra en estado de reposo durante 8 a 10 días hasta que emerge el adulto (Pérez, 2013). La duración de los diferentes estados biológicos se presenta en la tabla 2.

Tabla 2. Duración de los diferentes estados biológicos de *S. frugiperda* en relación con la temperatura (García y Tarango, 2009).

Temperatura °C	Días promedio			
	Huevo	Larva	Pupa	Adulto
34.8	-	13.9	5.9	4.7
29.5	2.0	14.9	7.1	9.4
19.9	6.7	39.4	18.9	15.7

El ciclo de vida va de los 19 y 48 días dependiendo de la temperatura durante las distintas fases de desarrollo, a temperaturas elevadas el ciclo de vida se acorta (figura 2).

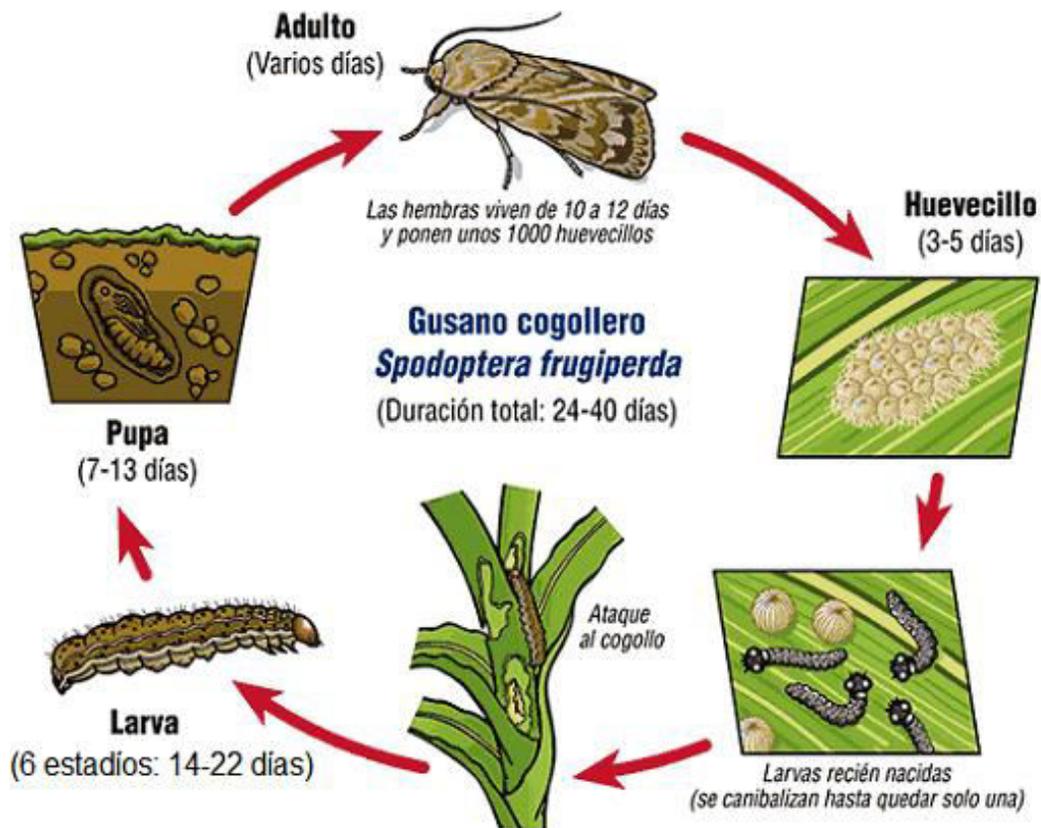


Figura 2. Ciclo de vida de *Spodoptera frugiperda*

2.6.4 Importancia del gusano cogollero (*Spodoptera frugiperda*) en México

El gusano cogollero (*Spodoptera frugiperda*) se considera una de las plagas más importantes que atacan al cultivo del maíz ya que se han tenido registros de pérdidas de hasta un 60 % en la producción, los daños más severos corresponden en zonas de temporal de regiones tropicales y subtropicales. Su distribución es muy amplia debido a que se encuentra en todas las zonas productoras del país como lo son: Baja California Norte, Baja California Sur, Sonora, Sinaloa, Nayarit, Jalisco, Michoacán, Chihuahua, Durango, San Luis Potosí, Guanajuato, Tamaulipas, Hidalgo, Puebla, México, Guerrero, Veracruz, Oaxaca, Chiapas, Campeche, Quintana Roo y Yucatán. Además del maíz, esta plaga también ataca a otros cultivos como lo son el sorgo, arroz, algunas leguminosas como lo son el frijol, la soya y el cacahuate y demás cultivos hortícolas como papa, cebolla, pepino, col, y camote (Jiménez, 2011).

CAPITULO III. METODOLOGÍA

3.1 Área de estudio

El presente estudio fue llevado a cabo en tres parcelas de cultivo de temporal en la comunidad de Puquichapio que se localiza en el municipio de Yuriria del estado de Guanajuato, México y se encuentra en las coordenadas GPS: Longitud: -101.206944 y Latitud: 20.240278. La localidad se encuentra a una altura de 1740 metros sobre el nivel del mar, El clima predominante es semicálido subhúmedo con lluvias en verano, presenta una temperatura media anual de 19.2 °C.

Los muestreos de larvas de gusano cogollero se realizaron en tres sitios, dos a la orilla de la laguna y uno más en las faldas del cerro (figura 3). Las colectas fueron llevadas a cabo entre los meses de agosto y octubre con un intervalo de 15 días entre cada colecta.



Figura 3. Área de estudio (M₁: muestreo 1, M₂: muestreo 2, M₃: muestreo 3).

3.2 Materiales y Métodos

Las colectas de los gusanos cogolleros se realizaron en el ciclo primavera-verano del 2019, se tomaron los tres puntos antes descritos, correspondientes a cultivos de temporal todos bajo sistema de autoconsumo, estos se encuentran ubicados en la comunidad de Puquichapio.

Previamente a la captura se realizaron los siguientes pasos:

1. Se eligió las parcelas en las cuales recolectaron las larvas de cogollero, se obtuvieron los datos mínimos de ubicación, fecha de siembra, y plaguicidas utilizados comúnmente para el control del gusano cogollero durante el ciclo.
2. Se utilizaron vasos de plástico del número cuatro con su tapadera a la cual se le realizaron de 4 a 6 orificios con un clavo para poder tener en buenas condiciones las larvas colectadas.
3. Se acudió a la parcela a la cual se le dio el seguimiento para saber con exactitud si no hubo ninguna aplicación de insecticidas para no hacer la captura en vano.

3.2.1 Colectas

Las colectas se realizaron los días 27 de agosto, 13 de septiembre y 1 octubre (Tabla 3), en las primeras dos colectas se capturaron larvas en etapas L₂ – L₄ principalmente y en la tercera L₄ – L₆, en todas las colectas se capturaron 100 gusanos más 25 adicionales por si algunos no sobrevivían por el manejo que se les dio u otras situaciones.

Al momento de capturar los gusanos se les puso un trozo de hojas de maíz de aproximadamente 3 cm para que se alimenten, se cerró el vaso con la tapadera y fueron identificados con números para llevar un buen control.

Tabla 3. Capturas de gusano cogollero en Puquichapio

No.	Fecha	zona de colecta	Ubicación	Altitud	Larvas colectadas
1	27/08/2019	Puquichapio-Laguna	20°14'9.92"N 101°11'45.90"O	1741 msnm	100
2	13/09/2019	Puquichapio- Rebaje	20°14'4.86"N 101°12'7.06"O	1745 msnm	100
3	01/10/2019	Puquichapio-Laguna	20°14'15.99"N 101°11'51.10"O	1740 msnm	100

3.2.2 Monitoreo y alimentación de las larvas capturadas

Al momento de tener las larvas capturadas se colocaron en un lugar a la sombra y sobre todo donde no se les moleste, solamente para el cambio de alimento, dicho cambio se realizó cada tercer día durante una semana con pequeños trozos de hoja de higuierilla (*Ricinus communis*), aprovechando dicha actividad también se estuvieron observando los restos del alimento anterior con mucho cuidado ya que desde el primer cambio se estuvieron observando las pequeñas pupas de los parasitoides emergidos del gusano cogollero, en este caso los vasos en los cuales estuvieron emergiendo las larvas o las pupas de los parasitoides se dejaron de manejar y se ubicaron en un lugar distinto, esta etapa fue crítica para que no haya ninguna alteración al momento de emerger el adulto de la pupa.

3.2.3 Porcentaje del parasitismo

Al término de la semana donde se estuvo alimentando a las larvas, se contabilizó, los datos que se obtuvieron para poder pasar a la fórmula del parasitismo. De esta manera se contabilizaron larvas muertas por alguna circunstancia diferente a la del parasitismo, larvas parasitadas, vivas y larvas empupadas.

Para obtener dicho porcentaje se utilizó la siguiente fórmula de parasitismo (Bahena *et al.*, 2010).

$$\% \text{ de parasitismo} = \text{larvas parasitadas} / \text{larvas útiles}^* \times 100$$

Larvas útiles: salen de la diferencia de las larvas capturadas menos las larvas que mueren por el manejo, enfermedades o escapan.

Las larvas parasitadas se cuantifican únicamente a partir de las larvas útiles, emergencia o no el parasitoide adulto.

3.2.4 Identificación de los parasitoides

Para hacer posible la identificación se tuvo que esperar varias semanas para que los parasitoides llegaran a su estado adulto, seguido a este paso se continuó con la identificación por método de comparación, en esta etapa se utilizó el libro “Enemigos naturales de las plagas agrícolas del maíz y otras especies” (Bahena, 2008).

Para facilitar la identificación de las especies de parasitoides se utilizó un pequeño microscopio electrónico en el cual se podía observar con gran claridad la estructura de estos enemigos naturales.

3.2.5 Análisis de diversidad de especies de parasitoides

Para calcular la diversidad alfa, se usó el índice de Shannon-Weiner, ya que toma en cuenta la abundancia y riqueza de las especies y que consiste en la siguiente ecuación: (Moreno, 2001).

$$(H') = H' = -\sum p_i \ln p_i$$

Donde:

H': es el índice de Shannon.

pi: es la riqueza de las especies en cada sitio de muestreo

ln: es el logaritmo natural

El valor del índice de diversidad de Shannon suele hallarse entre 1.5 y 3.5 y raramente sobrepasa 4.5, un valor de H' cercano a cero indica que la comunidad tiene muy poca diversidad (Benites, 2023). La diversidad de especies es un aspecto fundamental de la biodiversidad, ya que nos permite entender la complejidad y la riqueza de los ecosistemas.

Para calcular la diversidad de Shannon primero se calculó el valor de ***pi*** para, hacer esto dividimos el número de individuos de cada especie por la cantidad total de individuos.

3.2.6 Identificación de hongos Entomopatógenos

Este trabajo principalmente tuvo el objetivo de identificar las especies de insectos que parasitan a *Spodoptera frugiperda*, pero con el paso del tiempo se pudo observar que una gran cantidad de larvas que fueron capturadas murieron por microorganismos los cuales se fueron presentado con el paso de los días. Dichos microorganismos presentes fueron hongos entomopatógenos los cuales para su identificación se realizó los siguientes pasos utilizando la metodología de Cañedo y Ames., (2004):

- Al momento de observar el hongo presente en todo el cuerpo del gusano se mantuvieron por separado de los demás.
- Para aislar los hongos se tuvo que preparar medio de cultivo en laboratorio, para esto se utilizó Agar papa dextrosa (PDA) previamente a esto se esterilizo el medio de cultivo en la autoclave a una presión constante de 15 psi durante 30 minutos.
- Posteriormente llenas las cajas con su cantidad correspondiente de medio de cultivo (25 ml) se desinfecto con un poco de alcohol etílico a las larvas, ya que en las primeras larvas que fueron aisladas se presentó una gran cantidad contaminaciones en las cajas Petri.

- Con la ayuda de agujas y pinzas entomológicas previamente esterilizadas se prosiguió a cortar por la mitad el gusano y cada parte fue puesta en cajas Petri por separado.
- Esperar el crecimiento por espacio de 15 días.
- En una lámina portaobjetos, se colocó una gota de azul de lactofenol
- Con una aguja entomológica se tomó una pequeña muestra del tejido hifal, se dispersó en un portaobjetos sobre una gota del colorante y se puso el cubreobjetos para su posterior identificación en el microscopio.

CAPITULO IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1 Porcentaje de parasitismo

Se encontraron datos poco favorables para el parasitismo ya que en las zonas de muestreo no se ha hecho uso racional de productos químicos para el control del gusano cogollero además de que se esperaba tener porcentajes más altos debido a que los predios de cultivos están cercanos a zonas donde hay mucha vegetación nativa. En promedio se obtuvo un 19.92 % de parasitismo natural en el municipio. En un estudio realizado por Bernabé en 2017 los porcentajes fueron más altos teniendo un promedio de 31 % para el municipio de Uriangato y un 22 % para Moroleón.

La zona donde se obtuvo mayor porcentaje de parasitismo fue en el muestreo número tres con un 28.8 % seguido del segundo muestreo con un 16.9 % y por último la zona donde se realizó la primera colecta con un 14.08 % (Tabla 4).

Tabla 4. Parasitismo natural en el municipio de Yuriria, Guanajuato.

Colecta	Larvas colectadas	Larvas muertas	Larvas útiles	Larvas muertas por hongos	Larvas muertas por parasitoides	porcentaje de parasitismo
1	100	30	70	1	10	14.08%
2	100	29	71	11	12	16.90%
3	100	41	59	8	17	28.80%

En las tres colectas realizadas se encontraron larvas muertas por presencia de hongos entomopatógenos, teniendo mayor incidencia en la zona donde se realizó la segunda colecta con 11 larvas colonizadas por estos microorganismos.

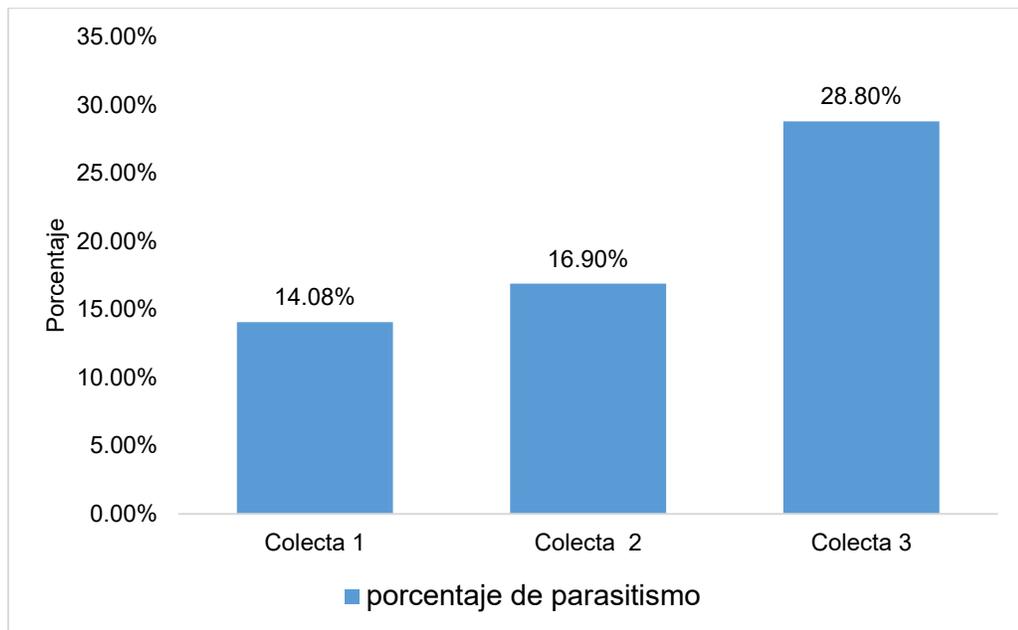


Gráfico 1. Parasitismo de gusano cogollero en primavera-verano de 2019 en el municipio de Yuriria, Gto.

4.2 Identificación de parasitoides

De 300 larvas colectadas se tuvo la presencia de 39 parasitoides (Tabla 5) de tres familias diferentes en las cuales todas estas especies coinciden con García-Becerra *et al.* (2013), en donde la familia Ichneumonidae fue la más importante en el municipio con un total de 18 ejemplares así otros autores también la han encontrado como la familia más abundante en estudios realizados (Cruz-Sosa, 2009; Bahena *et al.*, 2010) de tres especies, *Ophion* sp. (Cresson) fue el parasitoide que mayor presencia tuvo con un total de siete ejemplares encontrándose en los tres puntos de muestreo, seguido de *Pristomerus spinator* (Fabricius) y *Campoletis sonorensis* (Cameron) especie que también fue encontrada por Arroyo y salas (2015) en el municipio de Irapuato y la cual tiene registros recientes para Guanajuato junto con *Chelonus insularis* (Cresson). De la familia Braconidae se encontraron 9 ejemplares de dos especies diferentes: *Chelonus insularis* y *Chelonus sonorensis* especies que coinciden con Bernabé (2017), Además de tener parasitoides de la orden Himenóptera también se encontraron parasitoides de la orden díptera siendo estos de la familia Tachinidae

un total de 6 moscas de la especie *Archytas marmoratus* (Townsend) parasitoides que ha tenido gran importancia ya que en otros estudios se ha reportado con un 8.67 % en cuanto a su nivel de parasitismo (Ríos-Velasco *et al.*, 2011).

Tabla 5. Especies de parasitoides encontrados en el municipio de Yuriria, Gto. Durante el ciclo primavera-verano de 2019.

Orden	Familia	Especie	Presencia	No. ejemplares
		<i>Ophion sp.</i>	M ₁ M ₂ M ₃	7
	Ichneumonidae	<i>Pristomerus spinator</i>	M ₁ M ₃	6
		<i>Campoletis sonorensis</i>	M ₁ M ₂ M ₃	5
Himenóptera		Braconidae	<i>Chelonus insularis</i>	M ₁ M ₂ M ₃
	<i>Chelonus sonorensis</i>		M ₂ M ₃	2
Díptera	Tachinidae	<i>Archytas marmoratus</i>	M ₁ M ₂	6
No identificados			M ₂ M ₃	6
			TOTAL	39

*M₁: muestreo 1, *M₂: muestreo 2, *M₃: muestreo 3

Las especies con mayor presencia en el municipio fueron *Ophion sp.* (Cresson) y *Chelonus insularis* (Cresson) ambas con siete ejemplares encontrados, seguidas de *Pristomerus spinator* (Fabricius) y *Archytas marmoratus* (Townsend) con seis ejemplares respectivamente, *Campoletis sonorensis* (Cameron) con cinco y *Chelonus sonorensis* dos (Grafica 2). Por razones ajenas fue imposible identificar seis parasitoides, ya que unos murieron en su etapa larval y otros se quedaron en su etapa de pupa.

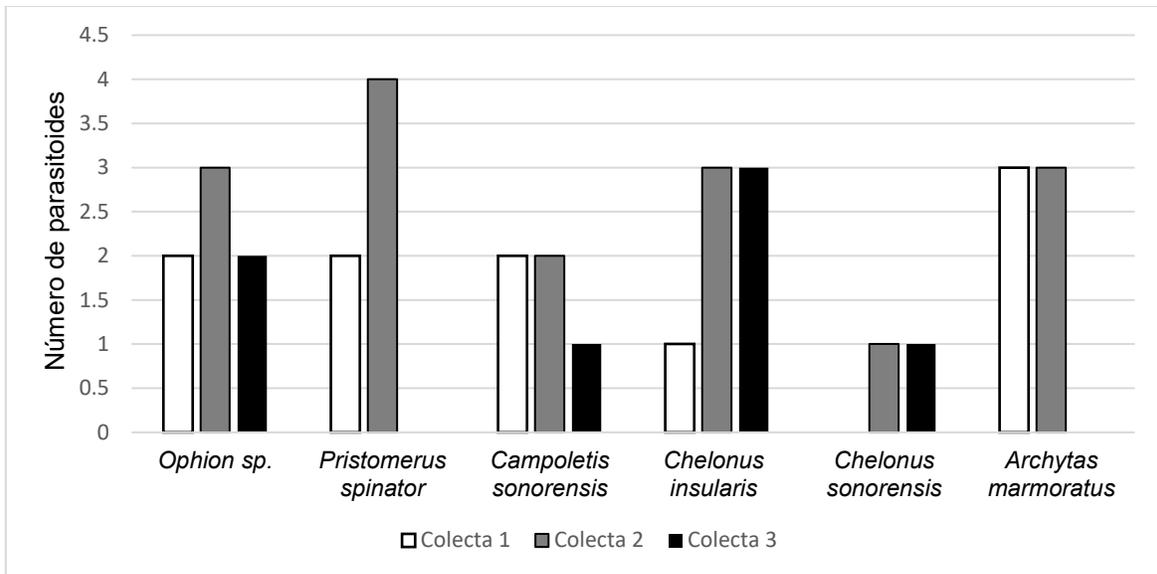


Gráfico 2. Especies de parasitoides encontradas en el municipio de Yuriria, Gto.

4.3 Identificación de hongos entomopatógenos

De las 300 larvas colectadas un total de 20 presentaron micosis, el sitio donde se tuvo mayor incidencia de estos entomopatógenos fue el lugar de muestreo número dos, donde se obtuvieron un total de 11 larvas muertas por estos microorganismos las especies encontradas fueron *Beauveria bassiana* y *Metarhizium sp* (Gráfico 3) mismas que también han sido reportadas por Ordóñez-García *et al.* (2015) en la cual la especie con mayor porcentaje fue *Metarhizium rileyi* (Farl.) Kepler, S.A. Rehner & Humber, comb. nov. (=Nomuraea rileyi (Farl.) Samson con un 8.56 %.

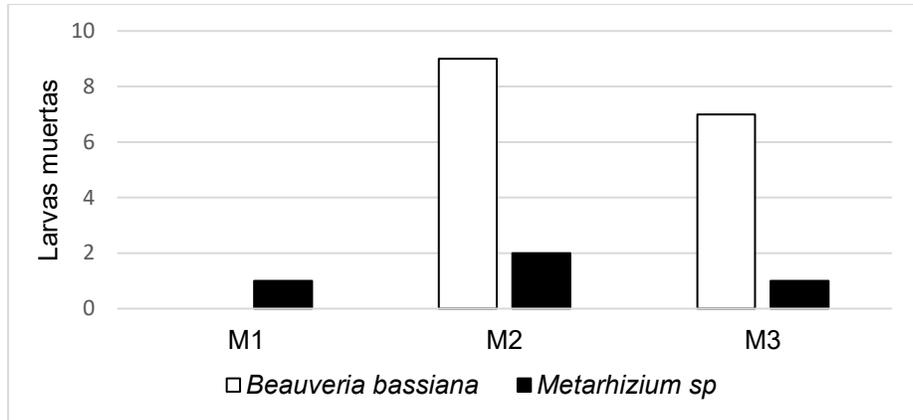


Gráfico 3. Hongos Entomopatógenos encontrados en primavera-verano de 2019 en el municipio de Yuriria, Gto.

En las figuras 4 y 5 se muestran las estructuras macro y microscópicas del aislado de *Beauveria bassiana*. En la figura 4. A) se observa el crecimiento de la colonia en PDA a los ocho días, presentando micelio polvoriento a algodonoso de color blanco mientras que en la sección B) del reverso, muestra un color amarillento cremoso con centro claro.

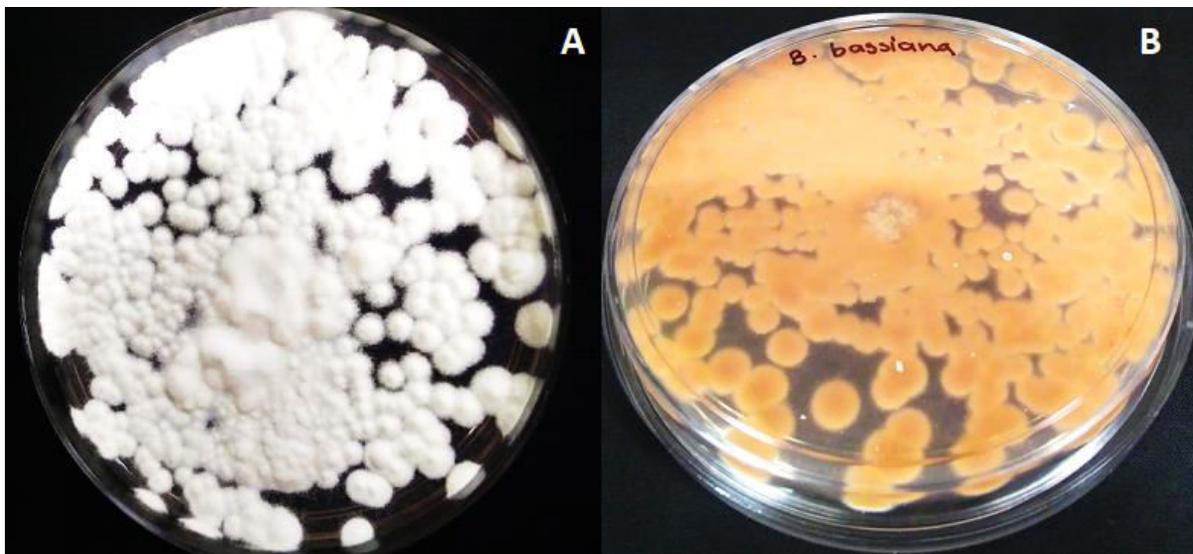


Figura 4. Crecimiento macroscópico del hongo de *Beauveria bassiana*. (Imagen propia)

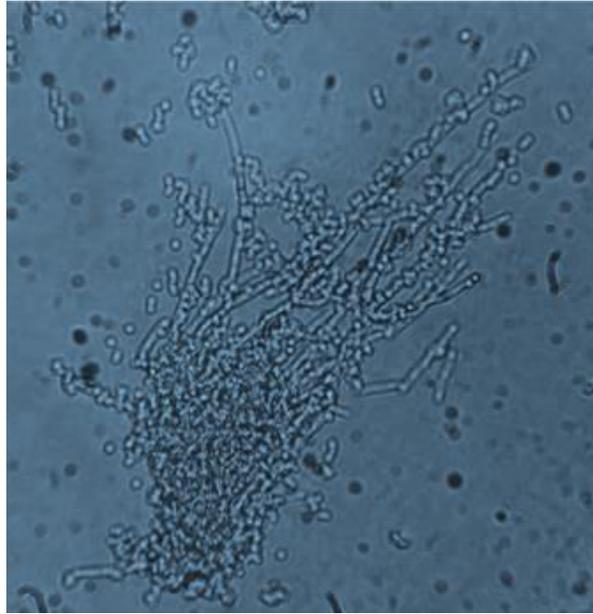


Figura 5. Estructuras microscópicas del aislado de *Beauveria bassiana*. (Imagen propia).

En las siguientes figuras se muestra el desarrollo del hongo tanto de la parte anverso como del revés de la caja conteniendo como medio de cultivo PDA. En la figura 6 sección A) presenta un efectivo desarrollo en medio de cultivo PDA, la colonia de forma circular presenta un crecimiento micelial, de color blanco inicialmente, exhibiendo variación de color cuando el hongo esporula. Al iniciarse el proceso de multiplicación de las conidias, se percibe una coloración olivo-verdosa en la superficie micelial. B) En el envés se observa una decoloración amarillo pálido.

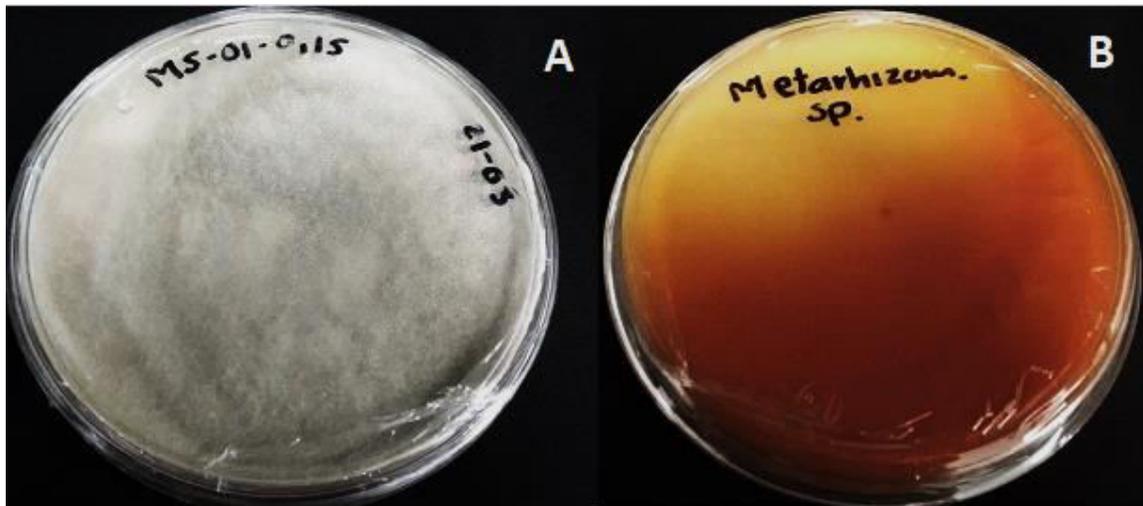


Figura 6. Estructuras macroscópicas del aislado de *Metarhizium* sp. (Imagen propia).

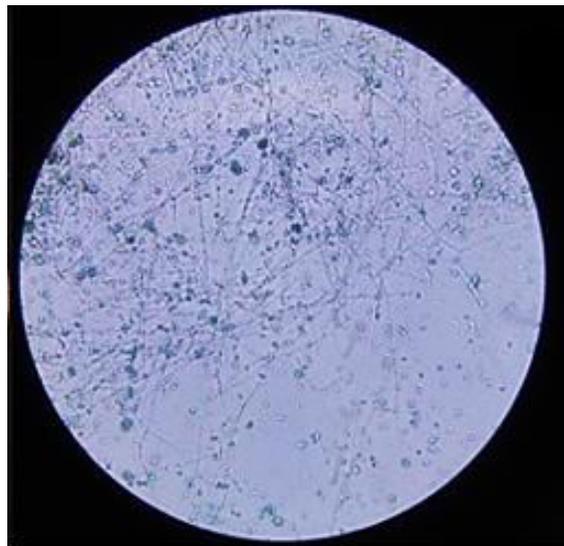


Figura 7. Estructura microscópica del hongo *Metarhizium* sp. (Imagen propia).

4.4 Diversidad de especies encontradas

El análisis de diversidad arrojó el valor del índice de Shannon-Weiner (H') con un 1.73 (tabla 6) lo cual nos indica que está dentro de los rangos normales para este tipo de análisis (Benites, 2023). Pero sin embargo este valor nos indica que hay una diversidad de parasitoides moderada. Las especies más abundantes para este análisis fueron *Ophion* sp. (Cresson) y *Chelonus insularis* (Cresson).

Tabla 6. Índice de diversidad de Shannon-Weiner para las especies de parasitoides del municipio de Yuriria, Guanajuato.

Especies de parasitoides	Frecuencia	<i>pi</i>	<i>pi</i> *<i>lnpi</i>
<i>Ophion</i> sp. (Cresson)	7	0.212121212	-0.329
<i>Chelonus insularis</i> (Cresson)	7	0.212121212	-0.329
<i>Pristomerus spinator</i> (Fabricius)	6	0.181818182	-0.310
<i>Archytas marmoratus</i> (Townsend)	6	0.181818182	-0.310
<i>Campoletis sonorensis</i> (Cameron)	5	0.151515152	-0.286
<i>Chelonus sonorensis</i>	2	0.060606061	-0.170
Sumatoria	33	1	-1.734
			-1
H' (Índice de diversidad Shannon)			1.734

H': es el índice de Shannon.

pi: es la riqueza de las especies en cada sitio de muestreo

ln: es el logaritmo natural

4.5 Discusión

En esta investigación se lograron identificar insectos parasitoides de las ordenes himenóptera y díptera siendo estas las de más importancia en cuanto organismos que parasitan al gusano cogollero Nájera & Souza (2010). De los cuales se pudieron identificar un total de 33 ejemplares de 6 diferentes especies, donde las familias Ichneumonidae y braconidae fueron las más abundantes coincidiendo con diferentes trabajos de investigación como reguladores naturales de los insectos plaga Bahena - Juárez *et al.*, (2010); Gracia-Becerra *et al.*, (2013); Bernabé - Hernández., (2017).

Los porcentajes de parasitismo fueron bajos teniendo en cuenta que las colectas se realizaron en cultivos de temporal que están cercanos a vegetación nativa del lugar, Rodríguez-Saona *et al.*, (2012); Meiners & Peri, (2013) mencionan que la diversidad

de plantas proporciona resguardo y fuentes de alimentación como néctar y polen para estos organismos. El promedio de parasitismo que se presentó es de 19.92 % para el municipio considerando que se han encontrado resultados sorprendentes en otros estudios como lo fue el de García-Becerra et al., (2013) con el 72.6 % de parasitismo realizado en el estado de Michoacán. La tasa de parasitismo de Ichneumonidae fue alto (6 %) comparado con los estudios realizados por Estrada-Virgen., (2013) quien solo reportó un 1.6 % de parasitismo en el estado de Nayarit.

De las especies reportadas *Chelonus insularis* (Cresson), *Chelonus sonorensis* y *Archytas marmoratus* (Townsend) coincidieron con lo encontrado por Bernabé-Hernández., (2017) para los municipios de Moroleón y Uriangato sin embargo este autor reporta a *Meteorus ssp* especie que fue muy abundante y en este análisis no fue encontrada. En lo visto por Arroyo y Salas (2015) *Campoletis sonorensis* (Cameron), *Pristomerus spinator* (Fabricius) y *Archytas marmoratus* (Townsend) son especies que recientemente tuvieron sus primeros registros en Guanajuato.

La especie de parasitoides *Ophion* sp. Ha sido citada por Rodríguez-Berrio (2006) como enemigo natural frecuentemente capturado en trampas de luz y campos agrícolas, parasitando gusanos de tierra (Noctuidae) tales como *Agrotis ipsilon* (Hufnagel), *A. malefida* (Guenée), *A. subterranea* (Fabricius), *A. experta* (Walker), *Peridroma saucia* (Hübner), *Copitarsia decolora* (Guenée), *Heliothis virescens* (Fabricius), *Alabama argillacea* (Hübner), y *Spodoptera frugiperda* (J.E. Smith). Bahena et al., (2010) reporta a *Ophion* sp como una especie muy abundante en regiones cálidas es por eso que en este análisis fue de las principales especies que parasitaron al gusano cogollero en el municipio de Yuriria, Gto.

El índice de diversidad de Shannon ($H' = 1.73$) nos indica que hay diversidad moderada para el municipio, ya que valores cercanos a cero se refieren a comunidades con muy poca diversidad de especies y valores mayores a 4 indican que hay mucha diversidad. Cruz-Sosa., (2009) encontró valores del índice de Shannon-Weiner con rangos de 1.34 a 1.85 para muestreos aleatorios coincidiendo con *C. insularis* como la especie más abundante en ambos estudios.

Un gran y complejo número de procesos interactivos, tanto ambientales como bióticos, son necesarios para el desarrollo o inhibición de enfermedades causadas por hongos entomopatógenos, incluyendo la sensibilidad a la radiación solar, antagonistas microbianos, comportamiento del hospedante, condiciones fisiológicas y edad, vigor y edad del patógeno, presencia de pesticidas, temperatura, humedad relativa y cantidad de inóculo apropiadas (Albuquerque-Maranhão, 2009).

Gutiérrez-Cárdenas *et al.* (2018) menciona que *Beauveria bassiana* y *Metarhizium anisopliae* como los hongos entomopatógenos más utilizados en el manejo integrado de plagas. La unidad infectiva de dichos entomopatógenos son los conidios, y son los únicos entomopatógenos que penetran al hospedero a través de la cutícula (Schrank y Vainstein, 2010). *Beauveria b. presento* un 5.3 % siendo más alto que lo reportado por Estrada-Virgen *et al.* (2013) con 3.7 % pero en cuanto a la aparición de *Metarhizium* fue mucho menor ya que en ese estudio se reportó un 8.9 % de parasitismo respectivamente. Estos entomopatógenos han sido registrados como agentes de control biológico de *S. frugiperda* de forma natural en Coahuila (Ríos *et al.*, 2010). En esta investigación se encontraron resultados similares a los descritos por los autores anteriores.

CAPITULO V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1 Conclusiones

Los registros que se obtuvieron en el municipio de Yuriria, Gto., son bajos ya que se obtuvo un promedio general del 19.92 % de parasitismo natural sobre gusano cogollero, sin embargo, se demuestra que hay presencia de organismos reguladores de esta plaga.

La familia Ichneumonidae fue la más importante para el control de gusano cogollero en el municipio ya que se encontraron parasitoides de tres especies diferentes y de los cuales, se obtuvo la mayor distribución, siendo encontradas en los tres puntos de muestreo.

Las especies *Ophion sp.*, *Chelonus insularis*, *Pristomerus spinator*, *Archytas marmoratus* y *Campoletis sonorensis* se presentaron con mayor abundancia en los tres muestreos realizados, por lo cual, se recomienda estudiar más a fondo estas especies de parasitoides naturales, ya que presentan potencial alto, para ser usadas en programas de control biológico. Por lo cual, se tienen que realizar trabajos en campo para determinar, que otro tipo de organismos regulan.

Se obtuvieron dos géneros de hongos entomopatógenos que fueron *Metarhizium* y *Beauveria*, parasitando a larvas de *Spodoptera frugiperda*.

5.2 Recomendaciones

Se recomienda adoptar tecnologías más sustentables como el uso de insecticidas de bajo impacto, uso de microorganismos como lo son productos a base de entomopatógenos, el establecimiento de plantas con flores que atraigan insectos benéficos con el objetivo de que estos porcentajes se puedan aumentar aún más y hacer que las aplicaciones de productos químicos se reduzcan considerablemente en el municipio.

Se propone realizar más investigaciones con los microorganismos entomopatógenos encontrados las cuales son especies que ya están adaptadas a las condiciones de la zona y se pueden obtener grandes resultados con su utilización. Aunque los porcentajes de parasitismo no hayan sido los esperados para la zona donde se realizaron los muestreos.

CAPITULO VI. BIBLIOGRAFÍA CITADA

- Acevedo, F. E. (2020). Ecología química de interacciones entre plantas, insectos y controladores naturales de plagas herbívoras. Disciplina de Entomología, Centro Nacional de Investigaciones de Café. Recuperado de: https://www.researchgate.net/publication/350699668_Ecologia_quimica_de_interracciones_entre_plantas_insectos_y_controladores_naturales_de_plagas_herbivoras.
- Albuquerque-Maranhão, E. A., Albuquerque- Maranhão, E. H. (2009). Hongos entomopatógenos: importante herramienta para el control de “moscas blancas” (Homoptera: Aleyrodidae). Anais da Academia Pernambucana de Ciencia Agronómica, 5(6), p. 209-242. Recuperado de: <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/25735/1/Maranhao.pdf>.
- Alcázar, M. D., Belda, J. E., Barranco, P., Cabello, N T. (2000). Lucha integrada en cultivos hortícolas bajo plástico en Almería. Vida Rural 118: 51-55.
- Arroyo, M. G. A., Salas, A. (2015). Enemigos naturales de *Spodoptera frugiperda* Y *Helicoverpa zea* como una alternativa al uso de insecticidas. Jóvenes en la ciencia, 3(2), 51.
- Badii, M. H. & Abreu J. L. (2006). Control biológico una forma sustentable de control de plagas. Daena: International Journal of Good Conscience, 1 (1). 82-89. Recuperado desde: www.daenajournal.org.
- Badii, M; L, Tejada; A. Flores, C. Lopez, H. Quiroz. (2000). Historia, fundamentos e importancia. Pp. 3-17. UANL. Monterrey.

- Bahena, J. F. 2008. Enemigos Naturales de las Plagas Agrícolas. Del maíz y otros cultivos. Libro Técnico Núm. 5. SAGARPA – INIFAP. Uruapan, Michoacán, México. 180 p.
- Bahena Juárez, F., de Lange, E., Farnier, K., Cortez, E. R., Sánchez Martínez Y García Pérez, Faustino & Miranda-Salcedo, Mario T, Degen Gaudillat, Benjamin R, Aguilar-Romero. (2010). Parasitismo en gusano cogollero del maíz *Spodoptera frugiperda* (j. E. Smith) (Lepidoptera: Noctuidae) en el centro de México.
- Benites, L. (14 de mayo de 2023). Calculadora del índice de diversidad de Shannon. Statologos. Recuperado el día 22 de noviembre de 2023 <https://statologos.com/calculadora-del-indice-de-diversidad-de-shannon/>
- Bernal, J. S. 2007. Biología, ecología y etología de parasitoides, pp. 61-74. En: L. A. Rodríguez-del-Bosque y H. C. Arredondo-Bernal (eds.), Teoría y Aplicación del Control Biológico. Sociedad Mexicana de Control Biológico, México. 303 p.
- Bernabé, H. B. (2017). Porcentaje de parasitismo del gusano cogollero (*Spodoptera frugiperda*) en maíz del sur de Guanajuato. Factor MAP, 2-4.
- Caballero, P., Williams, T. (2008). Virus entomopatógenos. En J.A. Jacas (ed.). Control biológico de plagas agrícolas (pp. 121-135). Veracruz, México: Phytoma.
- Cabello, T. (2006). Parasitoides: Biología y relación con su huésped. (archivo PDF). Recuperado de: <https://w3.ual.es/personal/tcabello/Temarios/CBTema04Web.pdf>
- Cañedo, V., Ames, T. (2004). Manual de laboratorio para el manejo de hongos entomopatógenos. Centro internacional de la papa (CIP), Lima, Perú. 62 p. Recuperado de: <http://cipotato.org/wp-content/uploads/2014/09/AN65216.pdf>

- Carreras, B. (2011). Aplicaciones de la bacteria entomopatógena *Bacillus thuringiensis* en el control de fitopatógenos. *Ciencia y Tecnología Agropecuaria*, 12(2). Disponible en: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=4499/449945031006>.
- Ceballos, M. (2010) Control biológico de plagas: Breve reseña sobre aspectos relevantes para su aplicación. Recuperado de <http://www.cca.org.mx/apoyos/cega-cabi/control.pdf>.
- Chango, A. (2012). Control de gusano cogollero (*Spodoptera frugiperda*) en el cultivo de maíz (*Zea mays* L.) (tesis de licenciatura). Universidad técnica de Ambato facultad de ingeniería agronómica, Ambato, Ecuador.
- Cruz Sosa, E. (2009). Evaluación del parasitismo natural en *Spodoptera frugiperda* (Smith) (Lepidóptera Noctuidae) en maíz. (Tesis de maestría). Instituto Politécnico Nacional, centro interdisciplinario de investigación Para el desarrollo integral regional Unidad Oaxaca.
- De Bach, P. 1968. Éxitos, tendencias y posibilidades futuras. Pp 789-831. In: P. De Bach (ed) Control biológico de las plagas de insectos y malas hierbas CECSA, México.
- Espino Herrera, A. M., Martínez, A. M., Rodríguez Enríquez, C. L., Figueroa, J. L., Chavarrieta Yáñez, J. M., Morales Alonso, S. L., Rebollar Alviter, A., Pineda, S. (2013). Parámetros biológicos de *Apanteles nr. aristoteliae* (Viereck) (Himenóptera: Braconidae), parasitoide del enrollador de las hojas, *Amorbia* sp. (Lepidóptera: Tortricidae). *Acta zoológica mexicana*, 29(3), 629-640. Recuperado en 04 de noviembre de 2019, de http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0065-17372013000300012&lng=es&tlng=es.

Estrada Virgen, M. O. (2013). Enemigos naturales asociados al gusano cogollero del maíz *Spodoptera frugiperda* (Lepidoptera: Noctuidae) en Nayarit, México. Tesis de Maestría. Recuperado de: <http://dspace.uan.mx:8080/xmlui/bitstream/handle/123456789/1236/2013%20ENEMIGOS%20NATURALES%20ASOCIADOS%20AL%20GUSANO%20COGOLLERO%20DEL%20MAIZ%20SPODOPTERA%20FRUGIPERDA%20%28LEPIDOPTERA%20NOCTUIDAE%29%20EN%20NAYARIT%20M%C3%89XICO.pdf?sequence=1&isAllowed=y>.

FAO. (2017). Ciclo biológico del gusano cogollero del maíz (en América Latina). Recuperado de: <https://www.fao.org/documents/card/es?details=fc84eb0c-29df-475e-9d88-8a73957e9d1b>.

García Becerra, M., Bahena Juárez, F., Reyes Zavala, M. M. 2013. Parasitismo en larvas del gusano cogollero *Spodoptera Frugiperda* (J.E. SMITH) (Lepidoptera: Noctuidae) en la región de Pátzcuaro, Michoacán. Ciencia y Tecnol. Agrop. México. Vol.1, Núm. 1: 33-36.

García Gutiérrez C., González Maldonado M.B., Cortez Mondaca E. 2012. Uso de enemigos naturales y biorracionales para el control de plagas de maíz. Ra Ximhai 8:57-70. Recuperado de: <https://www.redalyc.org/pdf/461/46125177007.pdf>.

García Nevárez, G., Tarango Rivero, S, H. 2009. Manejo biorracional del gusano cogollero del maíz. Chihuahua: Folleto técnico No. 30 INIFAP.

García, F; Mercado, R; González, A & Ramírez, M. 2011. Especies nativas de *Trichogramma* (Himenóptera: Trichogrammatidae) colectadas en cultivos agrícolas del norte de México. Revista Chapingo Serie Ciencias Forestales y del Ambiente 27: 174-181.

- Godfray, C. J. (1994). Parasitoids: behavioral and evolutionary ecology, Princeton, Princeton University Press.
- Gómez, D., Paullier, J. (2015) Control biológico de plagas. Instituto nacional de investigación agropecuaria Uruguay. Guía docente. p1-9, recuperado de: <http://www.inia.uy/Documentos/P%C3%BAblicos/INIA%20Tacuaremb%C3%B3/2015/Guía%20Plagas.pdf>.
- Gonzales, M., Aguilar, N., Rodríguez R. (2012). Control de insectos plaga en la agricultura utilizando hongos entomopatógenos: retos y perspectivas. Aqm, vol. 4 (8), 42-55. Recuperado de: https://www.academia.edu/36634927/CONTROL_DE_INSECTOS_PLAGA_EN_LA_AGRICULTURA_UTILIZANDO_HONGOS_ENTOMOPATOGENOS_RETOS_Y_PERSPECTIVAS.
- Guédez, C., Castillo, C., Cañizales, L., Olivar, F. (2009). Control biológico: una herramienta para el desarrollo sustentable y sostenible. Academia. Vol. 7 (13). 50-74. Recuperado de: https://www.researchgate.net/publication/236852483_Control_Biologico_Una_herramienta_para_el_desarrollo_sustentable_y_sostenible.
- Gutiérrez-Cárdenas, O. G., Cortez-Madriral, H., Malo, E. A., & Nord, R.-. (2018). Feromona sexual y hongos entomopatógenos: un plus en su aprovechamiento en el manejo integrado de plagas. *Biocencia*, 20(3), 28-34. Recuperado de: <https://doi.org/10.18633/biocencia.v20i3.707>.
- Hernandez Trejo, A., Osorio Hernandez, E., Lopez Santillan, J.A., Rios Velasco, C., Varela Fuentes, S.E., Rodriguez Herrera, R. 2018. Insectos benéficos asociados al control del gusano cogollero (*Spodoptera frugiperda*) en el cultivo de maíz (*Zea mays* L.). *Revista Agroproductividad*, 11(1). Recuperado a partir

de:<https://revista-groproductividad.org/index.php/agroproductividad/article/view/142>.

Hernández Velázquez, V. M., Cervantes, E. Z., Villalobos, F. J., Lina G. L., Peña, C. G. 2011. Aislamiento de hongos entomopatógenos en suelo y sobre gallinas ciegas (Coleoptera: Melolonthidae) en agroecosistemas de maíz. *Acta Zoológica Mexicana (nueva serie)*. 27(3):591-599. Recuperado de: http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0065-17372011000300007.

Jiménez, L. (2011). Efectividad biológica de extractos vegetales sobre larvas de *Spodoptera frugiperda*. (tesis de licenciatura). Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, Buenavista, Saltillo, Coahuila, México. Recuperado de: <http://repositorio.uaaan.mx:8080/xmlui/handle/123456789/4325>.

Kondo, T., Rincón F. D., Álvarez P. R., Ordoñez V. A & González F. G. (2019). Control biológico de fitopatógenos, insectos y ácaros. Recuperado de <https://repository.agrosavia.co/bitstream/handle/20.500.12324/34074/CB%20CAPITULO%209%20-%20WEB.pdf?sequence=4&isAllowed=y>.

León, M. G., Rojas C. T., Luque, E. 1984. Evaluación del parasitismo natural de *Meteorus laphygmae* (Viereck) sobre *Spodoptera frugiperda* (J. E. Smith) en algodón y sorgo para las zonas del Espinal (Tolima) y Nariño (Cundinamarca). *Agronomía Colombiana*, [S.l.], v. 2, n. 1-2, p. 109-117, ene. 1984. ISSN 2357-3732. Disponible en: <<https://revistas.unal.edu.co/index.php/agrocol/article/view/25124/25651>>. Fecha de acceso: 10 nov. 2023.

Mota Delgado, A. M., Murcia Ordoñez, B. (2011). Hongos entomopatógenos como alternativa para el control biológico de plagas. *Ambi-Agua*, Taubaté, v. 6, n. 2, p. 77-90, 2011. (doi:10.4136/ambi-agua.187). Recuperado de: <https://www.redalyc.org/pdf/928/92819767006.pdf>.

Nájera, R. M., Souza, B. (2010). Insectos Benéficos. Guía para su Identificación. Libro técnico Núm. 1. INIFAP – UFLA. Uruapan, Michoacán, México. 73 p.
Recuperado de: [https://www.ciaorganico.net/documypublic/551_INSECTOS_BENEFICOS_Guia_\(2\).pdf](https://www.ciaorganico.net/documypublic/551_INSECTOS_BENEFICOS_Guia_(2).pdf).

Ordoñez, G. M., Ríos, V. C., Berlanga, R. D. I., Acosta, M. C.H., Salas, M. M. A., Cambero, C. 2015. Reporte preliminar de entomopatógenos del “gusano cogollero” *Spodoptera Frugiperda* (Lepidoptera: Noctuidae) en Chihuahua, México. Entomología Mexicana Vol. 2: 241-246.

Pacheco Hernández, M. de L., Reséndiz Martínez, J. F., & Arriola Padilla, V. J. (2019). Organismos entomopatógenos como control biológico en los sectores agropecuario y forestal de México: una revisión. Revista Mexicana de Ciencias Forestales, 10(56): 4-29. Recuperado de: <https://doi.org/10.29298/rmcf.v10i56.496>.

Pérez, M.E. 2013. Control Biológico de *Spodoptera Frugiperda* Smith en Maíz. Departamento de Manejo de Plagas, INISAV. La Habana, Cuba. 12 p.

Rangel J.C., Vázquez M.F., Rincón M.C. 2014. Caracterización biológica y molecular de cepas exóticas de baculovirus SfNPV, con actividad bioinsecticida hacia una población mexicana del gusano cogollero del maíz *Spodoptera frugiperda* (Lepidoptera: Noctuidae). Interciencia 39:320-326. Recuperado de: <https://www.redalyc.org/pdf/339/33930879005.pdf>.

Rodríguez M., A. Guillén S., C. Uva M., V. Segura M., R. Laprade C., S. & Sandoval F., J. 2010. Aspectos a considerar sobre el control biológico, Culiacán, Sinaloa.
Rodríguez Berrio, A. (2006) Contribución al conocimiento de *Enicospilus purgatus* (Say, 1835) (Himenóptera: Ichneumonidae). Revista Peruana de entomología.

45:125 -126. Recuperado de: <https://www.revperuentomol.com.pe/index.php/rev-peru-entomol/article/view/212/187>.

Ríos Casanova. L. (2011). ¿Que son los parasitoides? Revista Ciencia, 20-25. Recuperado de: https://www.revistaciencia.amc.edu.mx/images/revista/62_2/PDF/05_QueSonParasitoides.pdf.

Robles, L. G. (2016). “Análisis sobre el parasitoidismo en insectos y estudio de caso entre *Blaesoxipha alcedo* (Diptera:Sarcophagidae:Sarcophaginae) y *Canthon cyanellus* LeConte (Coleoptera: Scarabaeidae:Scarabaeinae)”. Tuxpan, Ver. Universidad Veracruzana, Facultad de Ciencias Biológicas y Agropecuarias.

Reséndiz R.Z., López J.A., Osorio H.E., Estrada D.B., Pecina J.A., Mendoza M.C., Reyes M.A. 2016. Importancia de la resistencia del maíz nativo al ataque de larvas de lepidópteros. Temas de Ciencia y Tecnología 20:3-14. Recuperado de: <http://repositorio.utm.mx/handle/123456789/341>.

Ríos V. C., C. E. Cerna, P. S. Sánchez, and M. G. Gallegos. 2010. Natural epizootic of the entomopathogenic fungus *Nomuraea rileyi* (Farlow) Samson infecting *Spodoptera frugiperda* (Lepidóptera: Noctuidae) in Coahuila, México. J. Res. Lepidoptera 43: 7-8. Recuperado de: <https://www.biodiversitylibrary.org/partpdf/266503>.

Rodríguez Mota, J., Ruíz Cancino, A. Coronado Blanco, E., Treviño Carreón., Khalaim, Andrey, J. (2014). Avispas Ichneumonoideas que atacan al gusano cogollero en el cultivo de maíz (*Zea mays* L.) en México. AgroProductividad. 7. 28-31. Recuperado de: <https://revista-agroproductividad.org/index.php/agroproductividad/article/view/500>.

Rodríguez Berrio, A. (2006) Contribución al conocimiento de *Enicospilus purgatus* (Say, 1835) (Hymenoptera: Ichneumonidae). Revista Peruana de entomología.

45:125 -126. Recuperado de: <https://www.revperuentomol.com.pe/index.php/rev-peru-entomol/article/view/212/187>.

Ruíz C., J.A., E. Bravo M., G. Ramírez O., A.D. Báez G., M. Álvarez C., J.L. Ramos G., U. Nava C. y K.F. Byerly M. 2013. Plagas de importancia económica en México: aspectos de su biología y ecología. Libro Técnico Núm. 2. INIFAP-CIRPAC-Campo Experimental Centro Altos de Jalisco. Tepatitlán de Morelos, Jalisco. 447 p. Recuperado de: http://dtisartec.senasica.gob.mx:8080/biblioteca/libros/libros/JOSE%20ARIEL%20RUIZ%20CORRAL_ET_AL_2013_3%20.PDF.pdf.

Ríos-Velasco, C., G. Gallegos-Morales, Ma. C. Del Rincón-Castro, K. A. Ulloa-Rubio, J. CamberoCampos & R. D. Valenzuela-García. 2011. Primer registro de *Archytas marmoratus* y *Voria ruralis* (Diptera: Tachinidae) y sus niveles de parasitoidismo en dos lepidópteros plaga en Coahuila, México. *Acta Zoológica Mexicana* (n. s.), 27(3): 577-582. Recuperado de: <https://azm.ojs.inecol.mx/index.php/azm/article/view/775>.

SIAP. (2018). Boletín mensual de producción de Maíz de grano. México.

Sánchez E., M. Alvarado J. Grados. 2014. Comunidad de avispa Ophioninae (Hymenoptera: Ichneumonidae) en el bosque nublado Monteseo, Cajamarca, Perú. *Revista peruana de biología* 21(3): 229-234. Recuperado de: <http://www.scielo.org.pe/scielo.php?pid=S1727-99332014000300005&script=sci-abstract>.

Schrank, A., Vainstein, M.H. 2010. *Metarhizium anisopliae* enzymes and toxins. *Toxicon*. 56: 1267-1274. Recuperado de: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S004101011000108X>.

Smith, H., Capinera, J. 2019. Natural enemies and biological control. Department of Entomology and Nematology. (pp. 1-7). Recuperado de: <https://edis.ifas.ufl.edu/publication/IN977>.

Urbaneja A., J. Van Der Blom, L. Lara, R. Ttmmer, K. Blockmans, 2002: Use of *Cotesia marginiventris* (Cresson) (Hym.: Braconidae) for the Biological control of noctuids (Lep.: Noctuidae) in integrated pest management of protected sweet pepper. Bol.San. Veg. Plagas, 28: 239-250.

Van driesche, R., Hoddle, M., Center, T. (2007). Control de plagas y malezas por enemigos naturales. Recuperado de <https://www.socla.co/wp-content/uploads/2014/control-biologico-libroUCR.pdf>.

Villegas Mendoza, J. M., SánchezVarela, A., Rosas García, M.2015. "Caracterización de una Especie de *Meteorus* (Hymenoptera: Braconidae) Presente en Larvas de *Spodoptera frugiperda* (Lepidoptera: Noctuidae) en el Norte de Tamaulipas, México," *Southwestern Entomologist* 40(1), 161-170. Recuperado de: <https://bioone.org/journals/Southwestern-Entomologist/volume-40/issue-1/059.040.0114/Caracterizaci%C3%B3n-de-una-Especie-de-iMeteorus-i-Hymenoptera--Braconidae/10.3958/059.040.0114.short>.

War, A. R., Paulraj, M. G., Ahmad, T., Buhroo, A. A., Hussain, B., Ignacimuthu, S., & Sharma, H. C. (2012). Mechanisms of plant defense against insect herbivores. *Plant Signaling & Behavior*, 7(10), 1306-1320. <https://doi.org/10.4161/psb.21663>.

Zenner, Ingeborg, Álvarez, Alonso, & Barreto, Sandra. (2006). Influence of parasitism by *Chelonus insularis* Cresson (Hymenoptera: Braconidae) on the susceptibility of *Spodoptera frugiperda* (J.E. Smith) (Lepidoptera: Noctuidae) to insecticides. *Neotropical Entomology*, 35(6), 818-822. <https://dx.doi.org/10.1590/S1519-566X2006000600015>.

Zelaya, L., Chávez, I., Villalobos, S., Cruz, C., Ruiz, S., & Anaya, E. (2022). Control biológico de plagas en la agricultura mexicana. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 69-79. Recuperado de: <https://cienciasagricolas.inifap.gob.mx/index.php/agricolas/article/view/3251>

CAPÍTULO VII. ANEXOS

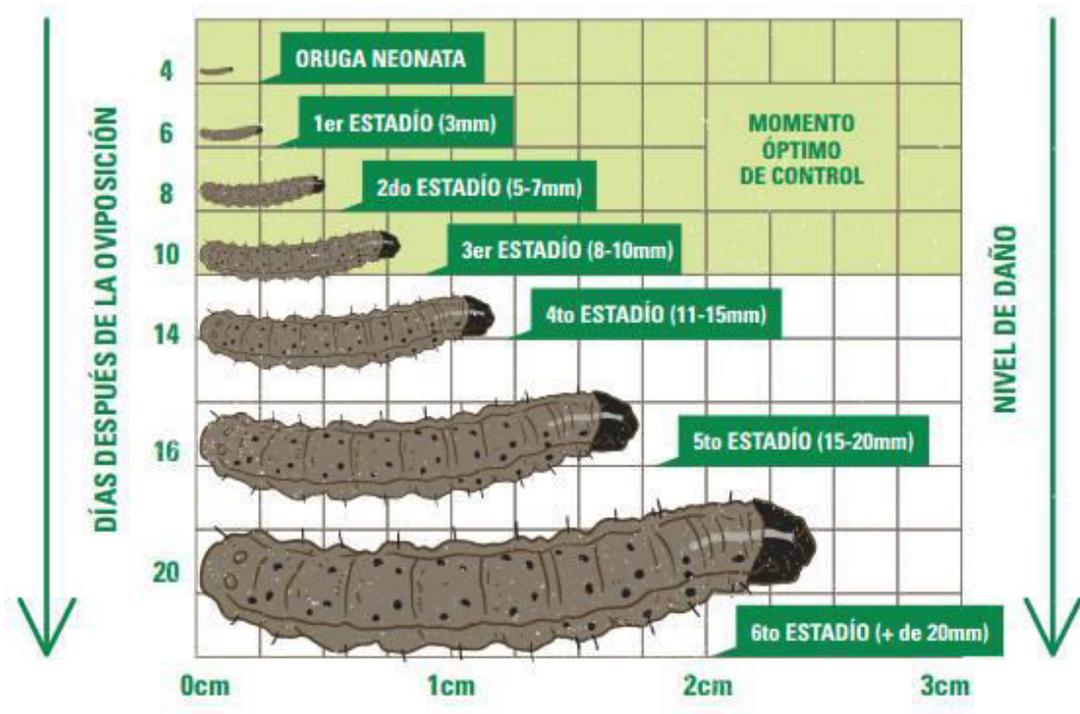


Figura 8. Etapas larvales del gusano cogollero.



Figura 9. Colecta de larvas de *Spodoptera frugiperda*.



Figura 10. Gusano cogollero capturado y separado individualmente.



Figura 11. Larva muerta por hongo Entomopat6geno.



Figura 12. Pupa de parasitoide.



Figura 13. Pupa de *Ophion* sp.



Figura 14. Larva muerta por *Beauveria bassiana*.



Figura 15. Registro de larvas parasitadas.



Figura 16. Larva muerta por *Metarhizium sp.*



Figura 17. Aislamiento de hongos Entomopatógenos en PDA.

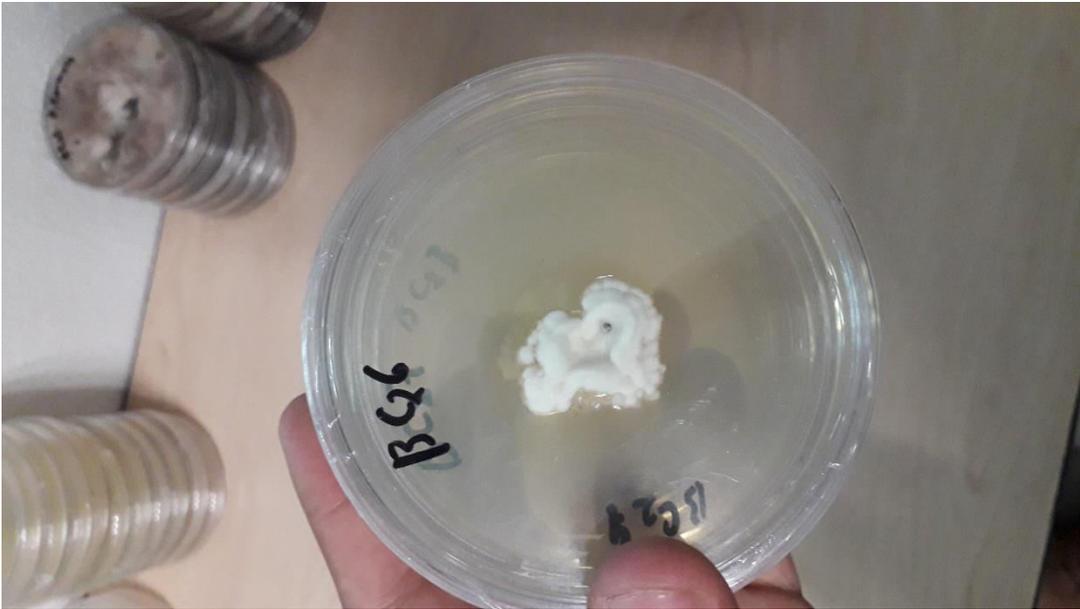


Figura 18. Crecimiento macroscópico del hongo de *Beauveria*.



Figura 19. *Ophion* sp.



Figura 20. *Campoletis sonorensis*



Figura 21. Adulto de *Chelonus sonorensis*.



Figura 22. *Pristomerus spinator*.



Figura 23. *Archytas marmoratus*.



Figura 24. *Chelonus insularis*.

7.1 GLOSARIO

Parasitoide: insectos (Díptera e Himenóptera) cuyo estado larvario parasítico se desarrolla alimentándose del cuerpo de otro artrópodo hospedador.

Parasitismo: es un tipo de relación entre dos seres vivos, en la cual uno de los participantes, el parásito, depende del otro, el huésped, y obtiene algún beneficio.

Organismo entomófago: es cualquiera que se alimenta de otro, algunos buscan y se alimentan libre y activamente de varias presas durante su vida (depredadores, ejemplo: catarinas y crisopas), otros se desarrollan dentro o sobre su huésped hasta matarlos (parasitoides, ejemplo: avispidas y moscas).

Metabolitos: Sustancia que el cuerpo elabora o usa cuando descompone los alimentos, los medicamentos o sustancias químicas; o su propio tejido.

Microorganismo: seres vivos muy pequeños que sólo se pueden ver a través de un microscopio, empero participan en diversos procesos metabólicos, ecológicos y biotecnológicos convirtiéndose en un factor clave para el funcionamiento de los sistemas biológicos y el mantenimiento de la vida en la Tierra.

Insecto fitófago: son aquellas especies de insectos que atacan a las plantas en los cultivos, los bosques naturales, los jardines y las áreas verdes en general.

Baculovirus: Los baculovirus son patógenos específicos que atacan a los insectos y otros artrópodos, por lo que uno de sus usos más frecuentes es como insecticida biológico.

Tricopteros: son un orden de insectos endopterigotos, emparentados con los lepidópteros, cuyas larvas y pupas son acuáticas, y viven dentro de pequeños estuches en forma de tubo que ellas mismas fabrican a base de seda a la que adhieren granos de arena, restos vegetales, etc.

Hiperparasitoide: es un parasitoide que se desarrolla a expensas de las larvas de los parasitoides primarios, por ello en muchas ocasiones se los considera depredadores tope.

Pupa: La pupa es el estado por el que pasan algunos insectos en el curso de la metamorfosis que los lleva del último estado de larva al de adulto.

Larva: fases juveniles de los animales con desarrollo indirecto (con metamorfosis) y que tienen una anatomía, fisiología y ecología diferente.

Agroecosistema: es un ecosistema alterado por el hombre para el desarrollo de una explotación agropecuaria.

Especie cosmopolita: Que habita o puede habitar en la mayor parte de los climas y lugares.