

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO
DIVISIÓN DE AGRONOMÍA
DEPARTAMENTO DE BOTÁNICA



Observaciones de Campo y Laboratorio del Parasitoide *Euplectrus* sp. como Agente de Control Biológico del Gusano Cogollero *Spodoptera frugiperda* (J. E. Smith)

Por:

ALEXIS ALBERTO PÉREZ VÁZQUEZ

TESIS

Presentada como requisito parcial para obtener el título de:

INGENIERO EN AGROBIOLOGÍA

Saltillo, Coahuila, México.

Junio, 2024

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO
DIVISIÓN DE AGRONOMÍA
DEPARTAMENTO DE BOTÁNICA

Observaciones de Campo y Laboratorio del Parasitoide *Euplectrus* sp. como Agente de Control Biológico del Gusano Cogollero *Spodoptera frugiperda* (J. E. Smith)

Por:

ALEXIS ALBERTO PÉREZ VÁZQUEZ

TESIS

Presentada como requisito parcial para obtener el título de:

INGENIERO EN AGROBIOLOGÍA

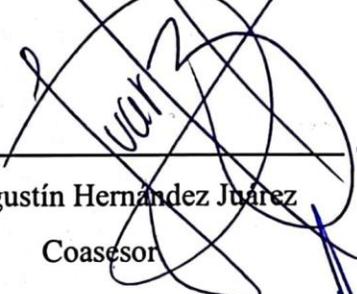
Aprobada por el Comité de Asesoría:



Dr. Sergio René Sánchez Peña
Asesor Principal



Dra. Carolina Delgado Luna
Asesor Principal Externo



Dr. Agustín Hernández Juárez
Coasesor



M.C. Alberto Cortez Quevedo
Coasesor



Dr. Alberto Sandoval Rangel

Coordinador de la División de Agronomía



Saltillo, Coahuila, México.

Junio, 2024

DERECHOS DE AUTOR Y DECLARACIÓN DE NO PLAGIO

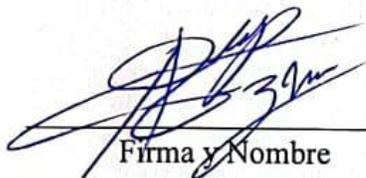
Todo material contenido en esta tesis está protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor de los Estados Unidos Mexicanos, y pertenece al autor principal quien es el responsable directo y jura bajo protesta de decir verdad que no se incurrió en plagio o conducta académica incorrecta en los siguientes aspectos:

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

Por lo anterior nos responsabilizamos de las consecuencias de cualquier tipo de plagio en caso de existir y declaramos que este trabajo no ha sido previamente presentado en ninguna otra institución educativa, organización, medio público o privado.

Autor principal

Asesor principal


Firma y Nombre
Mexia Alberto Pérez Vázquez


Firma y Nombre
Dr. Sergio R. Sánchez Peña

AGRADECIMIENTOS

A mi alma mater, la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, por volverse mi segunda casa, por brindarme una formación llena de muchas experiencias que me serna de gran utilidad en mi vida profesional.

Al Dr. Sergio René Sánchez Peña, por permitirme ser parte de su equipo de trabajo, por los consejos y por las experiencias en el ámbito académico que me permitieron llegar a escenarios importantes que anteriormente solo imaginé.

A la Dra. Carolina Delgado, por los momentos de risa en el laboratorio, por los consejos que han sido y seguirán siendo de gran utilidad, por la paciencia y por brindarme el apoyo en este ser proyecto ya que sin su ayuda no hubiese sido posible.

Al Dr. Agustín Hernández Juárez y al M.C Etelberto Cortez Quevedo, por darse el tiempo en ser parte de este proyecto y por los grandes consejos y su amistad brindada dentro y fuera del salón de clase.

Palabras clave: Control biológico, *Euplectrus*, Parasitoide, Ectoparasitoide, Cogollero.

DEDICATORIA

A mis padres el Sr. Alberto Pérez García y la Sra. Sonia Guadalupe Vázquez Cruz, por siempre creer en mí, por el apoyo incondicional que me han brindado toda mi vida, por el gran esfuerzo que han hecho por verme cumplir mis sueños los cuales quiero que sientan como propios, espero que la vida me alcance para darles un poco de lo mucho que me han dado.

A mi hermano Edgar Yair Pérez Vázquez, por ser mi compañero de vida, por los días llenos de alegría, por darme motivos para seguir esforzándome y jamás desistir de mis objetivos, en mí tendrás siempre a alguien en quien apoyarte.

A los dos hermanos que la universidad me regaló Jordan Ramos Hernández y José Adolfo Morales Navarro, con los cuales compartí noches de desvelo y esos grandes momentos llenos de risas que me acompañaron en este largo viaje llamado vida.

A mi mejor amiga Valeria Elizabeth Cavazos Durón, por compartir conmigo horas de alegría y tristeza en esta historia que se escribió sin pensar, por siempre llevarme la contraria y por darle más color a los días grises.

A mis abuelos Leticia Cruz Cruz y Ariosto Vázquez Giménez, en los cuales siempre he tenido un gran apoyo desde el día que llegué a este mundo y por el inmenso afecto que me han demostrado a lo largo de los años.

A mis tíos Amury, Carlos, Amairani y Ariosto, por el apoyo brindado a pesar de la larga distancia, por sus buenos deseos por y jamás dudar que lo lograría llegar a la meta a pesar de las adversidades.

ÍNDICE GENERAL

DECLARACIÓN DE NO PLAGIO.....	¡Error! Marcador no definido.
AGRADECIMIENTOS	ix
DEDICATORIA.....	x
ÍNDICE GENERAL	vi
ÍNDICE DE CUADROS	viii
ÍNDICE DE FIGURAS	viii
RESUMEN	xii
1. INTRODUCCIÓN.....	1
1.1. Justificación.....	1
1.2. Objetivo General	2
1.2.1. Objetivos Específicos	2
1.3. Hipótesis.....	2
2. Revisión de Literatura	3
2.1. Gusano cogollero del maíz (<i>Spodoptera frugiperda</i>).....	3
2.1.1. Clasificación taxonómica.....	3
2.1.2. Importancia Económica	4
2.1.3. Distribución	6
2.1.4. Biología y Hábitos	6
2.1.5. Ciclo biológico del cogollero.....	7
2.2. Maíz (<i>Zea mays</i> L.).....	12
2.2.1. Clasificación taxonómica.....	12
2.2.2. Morfología	13
2.2.3. Fenología	14

2.2.4. Plagas.....	16
2.3. <i>Euplectrus</i> sp.	16
2.3.1. Clasificación taxonómica.....	16
2.3.2. Importancia	17
2.3.3. Biología.....	17
3. MATERIALES Y METODOS	19
3.1. Establecimiento de la cría de <i>S. frugiperda</i>	19
3.2. Establecimiento de cría experimental de <i>Euplectrus</i> sp. bajo condiciones de laboratorio	21
3.3. Objetivo 1: Observar la longevidad de adultos de <i>Euplectrus</i> sp. ante distintas fuentes de azúcares.....	21
3.4. Objetivo 2: Analizar diversos tiempos de exposición de larvas de <i>S. frugiperda</i> a <i>Euplectrus</i> sp. bajo condiciones de laboratorio y su efecto sobre su oviposición.	22
3.5. Objetivo 3: Determinar la especificidad de <i>Euplectrus</i> sp. mediante exposición a larvas de diferentes especies de la familia Noctuidae como posibles hospederos.	22
3.6. Objetivo 4: Analizar y documentar las etapas del ciclo biológico de <i>Euplectrus</i> sp. mediante evidencia digital.....	23
3.7. Objetivo 5: Obtener la secuencia del ADN un fragmento del gen citocromo oxidasa (COI, código de barras) para apoyar la identificación de la especie.....	23
4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	24
4.1. Objetivo 1: Observar la longevidad de adultos de <i>Euplectrus</i> sp. ante distintas fuentes de azúcares.....	24
4.2. Objetivo 2. Analizar diversos tiempos de exposición de larvas de <i>S. frugiperda</i> a <i>Euplectrus</i> sp. bajo condiciones de laboratorio y su efecto sobre su oviposición	25
4.3. Objetivo 3: Determinar el comportamiento de <i>Euplectrus</i> sp. mediante exposición a larvas de diferentes especies de la familia Noctuidae como posibles hospederos.	27

4.4. Objetivo 4: Analizar y documentar las etapas del ciclo biológico de <i>Euplectrus</i> sp. mediante evidencia digital.....	28
4.4.1. Oviposición.....	28
4.4.2. Huevo.....	28
4.4.3. Larva.....	30
4.4.4. Pupa.....	31
4.4.5. Adulto.....	33
4.5. Objetivo 5. Obtener la secuencia del ADN de un fragmento del gen citocromo oxidasa (COI, código de barras) para apoyar la identificación de la especie.....	35
5. CONCLUSIÓN	39
6. LITERATURA CITADA	41
7. ANEXOS.....	46

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro 1. Principales hospederos de <i>Spodoptera frugiperda</i> (Casmuz <i>et al.</i> 2010).	4
Cuadro 2. Etapas de desarrollo del cultivo de maíz (Juárez-Reyes, 2021).....	15
Cuadro 3. Longevidad de macho y hembras de <i>Euplectrus</i> sp. alimentados con agua y tres diferentes fuentes de azúcar.	25
Cuadro 4. Tiempo de desarrollo del ciclo completo de <i>Euplectrus</i> sp. en diferentes temperaturas.....	34

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Adulto de <i>Spodoptera frugiperda</i> (SENASICA, 2021).....	3
Figura 2. Gusano cogollero causando daños por defoliación (Martínez-Martínez, 2019).	5
Figura 3. Ciclo biológico de <i>Spodoptera frugiperda</i> [Huevo (University of Tennessee); larvas (Hardke <i>et al.</i> , 2015); pupa (Scott Bauer USDA) y adulto (Hardke <i>et al.</i> , 2015).....	7

Figura 4. A) Masa de huevos de <i>S. frugiperda</i> (Angúlo, 2019), B) Huevo de <i>S. frugiperda</i> (MacRae, 2015).	8
Figura 5. A) Larva de <i>S. frugiperda</i> , B) Segmento VIII con cuatro setas características, C) Cápsula cefálica. Créditos: a) Michaud (2013). University Kansas State, b y c) Bautista (2006).....	9
Figura 6. Pupas de <i>S. frugiperda</i> . 1) Macho y 2) Hembra (Juárez-Reyes, 2021).....	11
Figura 7. <i>Spodoptera frugiperda</i> adulto, a) macho y b) hembra (Angulo-Morales y Baron-Negrete, 2003).	12
Figura 8. <i>Zea mays L</i> (Libertyprimet al, 2022.....	12
Figura 9. <i>Euplectrus</i> sp. recién emergido como adulto (Perez-Vazquez, 2023).....	16
Figura 10. Dimorfismo sexual de <i>Euplectrus platyhypenae</i> a) hembra y b) macho (Uceda-Porras y UCEDA-Valdiviezo, 2008).....	18
Figura 11. Plantas de maíz con presencia de daño por larvas de <i>S. frugiperda</i> (larvas colectadas para la cría).....	19
Figura 12. Cría de larvas de <i>S. frugiperda</i> en laboratorio.....	20
Figura 13. Pupas y contenedores para la obtención de la cría en laboratorio.....	20
Figura 14. a) y b) masas de huevos de <i>S. frugiperda</i> y c) Larvas neonatas de <i>S. frugiperda</i>	21
Figura 15. Longevidad de avispas de <i>Euplectrus</i> sp. alimentadas con agua y tres diferentes fuentes de azúcar.....	25
Figura 16. Número de huevos ovipositados por cinco avispas <i>Euplectrus</i> sp. sobre tres diferentes larvas de <i>S. frugiperda</i> en 24 h (E1 = avispa 1, E2 = avispa 2, E3 = avispa 3, E4 = avispa 4, E5 = avispa 5 y Ct = Control; L1 = larva 1, L2 = larva 2 y L3 = larva 3).	26
Figura 17. Número de huevos ovipositados por cinco avispas <i>Euplectrus</i> sp sobre tres diferentes larvas de <i>S. frugiperda</i> en 72 h (E1 = avispa 1, E2 = avispa 2, E3 = avispa 3, E4 = avispa 4, E5 = avispa 5 y Ct = Control; L1 = larva 1, L2 = larva 2 y L3 = larva 3).	27
Figura 18. Avispa de <i>Euplectrus</i> sp. (flecha roja) sobre larva de <i>S. frugiperda</i>	29
Figura 19. A) Hembra de <i>Euplectrus</i> sp. ovipositando sobre larva de <i>S. frugiperda</i> , B) Huevos de <i>Euplectrus</i> sp. a 8 horas de ser ovipositadas (flecha roja), C) Huevos de <i>Euplectrus</i> sp. a 17 horas de ser ovipositados.....	29

Figura 20. a) Ruptura del corión a 17 h de la oviposición, b) y c) primer instar larval de <i>Euplectrus</i> sp.....	30
Figura 21. Segundo instar larval de <i>Euplectrus</i> sp. (tonalidad verde pálido y mejor visibilidad de los segmentos abdominales).....	31
Figura 22. Tercer instar larval de <i>Euplectrus</i> sp. (coloración verde jade).	31
Figura 23. a) Cuarto instar larval de <i>Euplectrus</i> sp. b) larvas de <i>Euplectrus</i> sp. en la parte abdominal del hospedero preparándose para entrar a etapa de pupa, c) larva hospedera momificada (muerta).....	31
Figura 24. Pupa tipo exarata de <i>Euplectrus</i> sp.....	32
Figura 25. a) Red de hilos de seda tejidos por larvas de <i>Euplectrus</i> sp. como soporte para su desarrollo como pupa; b) y c) Pupas de tipo exarata adheridas al abdomen <i>S. frugiperda</i> . .	32
Figura 26. Características morfológicas de hembra de <i>Euplectrus</i> sp. a) Vista lateral, abdomen dividido de forma horizontal por bandas laterales de color negro, b) Vista ventral, abdomen mas ancho; c) vista superior, se aprecian las bandas de color negro en los laterales del abdomen.	34
Figura 27. Características morfológicas de macho de <i>Euplectrus</i> sp. a) Vista lateral del abdomen con manchas de coloración amarilla, b) Vista dorsal, abdomen de coloración mayormente oscura, c) apreciación del lucero amarillo cerca del tórax y alas transparentes.	34
Figura 28. Alineaciones de <i>Euplectrus</i> sp. al aislar el gen Eup11 de la subunidad I del citocromo c oxidasa (COX1), cds parciales; mitocondrial; ID de secuencia PP218061.1, con 98.87% de identidad.....	36
Figura 29. Alineaciones de <i>Euplectrus</i> sp. aislar el gen Eup12 de la subunidad I del citocromo c oxidasa (COX1), cds parciales; mitocondrial; ID de secuencia PP218062.1, con 96.27% de identidad.....	37
Figura 30. Descripciones de Blast de los códigos PP218061.1 y PP218062.1	38
Ilustración 31. Superparasitismo de <i>Euplectrus</i> sp. sobre larva de <i>S. frugiperda</i>	40
Anexo 32. Daño por larvas de <i>S. frugiperda</i> en hojas de maíz.....	46
Anexo 33. Larva de <i>S. frugiperda</i>	47
Anexo 34. Muestreo en campo para obtención de larvas con y sin presencia de parasitismo por <i>Euplectrus</i> sp.	48
Anexo 35. Parcela de maíz establecida en la UAAAN.....	49

RESUMEN

La agricultura moderna fomenta el uso de agentes de control biológico para la disminución de poblaciones de artrópodos plaga. En la presente investigación se documentaron las diversas etapas de desarrollo de la avispa parasitoide *Euplectrus* sp. (Hymenoptera: Eulophidae) como agente de control biológico del gusano cogollero *Spodoptera frugiperda* (J. E. Smith) (Lepidoptera: Noctuidae) bajo condiciones de laboratorio y campo. Se evaluó el tiempo de desarrollo ante diversas temperaturas demostrando tener un mejor desarrollo a una temperatura de 25°C y 65% de humedad relativa. Así como la exposición del parasitoide a hospederos diversos que se encuentran dentro de la familia Noctuidae; *S. frugiperda*, *Spodoptera exigua* Hubner (Lepidoptera: Noctuidae) y *Helicoverpa zea* (Boddie) (Lepidoptero: Noctuidae), donde se observó una especificidad por larvas de *S. frugiperda*. La dieta a base de miel de abeja demostró ser una las fuentes de carbono que mayor efecto tiene en cuanto a la longevidad del parasitoide. La identificación molecular basada en la secuenciación del gen citocromo oxidasa (COI) mostró una alta coincidencia con las secuenciaciones disponibles en GenBank, confirmando la identidad del género *Euplectrus*, sin embargo las diferencias observadas tanto morfológicas como genéticas sugieren la posibilidad de que se trate de una nueva especie, lo que podría tener implicaciones importantes para futuras investigaciones y aplicaciones como agente de control biológico específico y eficaz contra *S. frugiperda*.

1. INTRODUCCIÓN

El maíz *Zea mays* L. (Poaceae) es uno de los principales cultivos y con mayor producción a nivel mundial, posicionándose por encima del trigo y el arroz. Su producción es de gran importancia económica y social, ya que el consumo per cápita en México es de aproximadamente 350g principalmente como tortillas y diversos platillos gastronómicos del país (más de 600 tipo diversos). La producción estimada en 2017 fue de 27. 8 millones de toneladas en una superficie de 7.5 millones de hectáreas (ASERCA, 2018). Sin embargo, su rendimiento se ve afectado por los daños ocasionados principalmente por insectos plaga tales como: Gallina ciega *Phyllophaga* sp. Harris (Coleoptera: Scarabaeidae), barrenador del tallo *Diatraea saccharalis* (F) (Lepidoptero: Crambidae), gusano elotero *Helicoverpa zea* Boddie (Lepidoptero: Noctuidae), nematodo del quiste de los cereales *Heterodera avenae* Wondenwerber (Nematoda: Heterodidea) (Estrada-Martínez, 2022). Una de las plagas con mayor importancia es *S. frugiperda* conocido comúnmente como: gusano cogollero, gusano trozador, tierrero, vainero, pelón, lagarta cogollera, etc. (Lezaun, 2014). *S. frugiperda* es nativo de las regiones tropicales y subtropicales de América y ataca el cultivo de maíz desde que germina hasta la obtención del fruto, lo cual lo convierte en la plaga que más daño ocasiona (Cieri-Enzo, 2017). Además, tiene más de 80 especies de plantas hospederas, y ataca otros cultivos con gran importancia económica como: arroz y sorgo. Durante sus primeros estadios larvales consume un lado del tejido foliar sin que llegué a perforarlo quedando intacta la capa epidérmica del haz de la hoja, durante los estadios larvales intermedios al alimentarse realizan una hilera de perforaciones en las hojas, y en estadios finales pueden consumir la hoja casi en su totalidad. En ocasiones se introducen por el pedúnculo de las mazorcas y dejan excretas dentro de estas, afectando la calidad de las mazorcas inaptas para su consumo (CONAHCYT, 2019).

Spodoptera frugiperda ocasiona pérdidas que van de 13 al 60% en rendimiento si no es controlada, ya que ataca durante la mayor parte del desarrollo vegetativo de la planta (desde la emergencia hasta los 55 – 60 días después) y también durante la fase reproductiva “elote”.

Por lo que los daños en la planta van desde pérdida de área foliar hasta inhibición de inflorescencias, por lo tanto, se debe monitorear la presencia de la plaga durante esta etapa y aplicar las medidas de control necesarias (CONAHCYT, 2021).

El control del *S. frugiperda* se basa principalmente en la aplicación de insecticidas órgano-sintéticos de amplio espectro, los cuales reducen la población de la plaga, pero también reducen las poblaciones de enemigos naturales y quedan residuos en el ambiente; los cuales son tóxicos, provocan daños al ecosistema y a la salud humana. Además, como resultado de la exposición constante de *S. frugiperda* a los insecticidas, se han detectado poblaciones resistentes a los ingredientes activos de los insecticidas utilizados para su control. Por otro lado, el control biológico es altamente específico, presenta niveles de riesgo casi nulos para las personas o el medio ambiente, además no inducen resistencia a sus enemigos naturales. Dentro de los agentes de control biológico que han demostrado tener una buena respuesta para la reducción de las poblaciones de insectos plaga se encuentran hongos entomopatógenos; *Beauveria bassiana* Bals. (Hypocreales: Clavicipitaceae), *Metarhizium anisopliae* (Metsch.) (Hypocreales: Clavicipitaceae), *Isaria fumosorosea* Wise (Hypocreales: Clavicipitaceae), depredadores; *Crisoperla carnea* Stephens (Neuroptera: Chrysopidae), *Ambliseus swirskii* Athias (Acarina: Phytoseiidae), *Geocoris puntipes* Say (Hemiptera: Geocoridae), *Orius laevigatus* Reuter (Hemiptera: Anthocoridae), parasitoides; *Trissolcus basal* Ashmead (Hymenoptera: Platygasteridae), *Aphidius colemani* Dalman (Hymenoptera: Braconidae), *Chelonus insularis* Panzer (Hymenoptera: Braconidae) y *Campoletis sonorensis* Cameron (Hymenoptera: Ichneumonidae). *S. frugiperda* tiene diferentes especies de parasitoides (*C. insularis*, *C. sonorensis* y *Euplectrus* sp.) (Cieri-Enzo, 2017 y Koppert, 2023) los cuales ayudan a reducir las poblaciones.

Murúa y Virla (2004), reportaron a *Euplectrus platyhyphenae* Howard (Hymenoptera: Eulophidae) como parasitoide de *S. frugiperda* en Argentina, este es una avispa ectoparasitoide gregario (Nakamatsu y Tanaka, 2003). El género *Euplectrus* cuenta con 209 especies registradas (Coronado-Blanco *et al.*, 2019), a pesar del gran número de especies de este género y de su gran potencial como agente de control biológico, la información disponible es demasiado limitada. Existen pocos trabajos desarrollados en otros países (Argentina, Colombia, Japón y Estados Unidos), sin embargo, estos están limitados a pruebas de laboratorio, sin llegar a pruebas de campo donde se halla evaluado su eficacia como agente de control. Por otro lado. En México existen escasos reportes de este parasitoide, los cuales carecen de una descripción morfológica más detallada y una amplia descripción de su comportamiento, ciclo de vida y los pocos reportes que existen son de muchos años atrás. Además, tampoco se han realizado pruebas de su aplicación y efectividad en condiciones de campo.

En la presente investigación se realizó una descripción amplia de las características morfológicas de *Euplectrus sp*; ciclo de vida (ovoposición, estadios larvarios, emergencia del adulto, masas de huevos por oviposición, comportamiento de la avispa antes y durante la oviposición), factores que afectan la longevidad de la avispa, corroboración de hospederos según la literatura y secuenciación genética para la dictamianción de la especie.

1.1. Justificación

Spodoptera frugiperda es un insecto plaga que ocasiona serios problemas en los cultivos si se supera el umbral económico y sus poblaciones no son controladas adecuadamente. Las pérdidas ocasionadas por esta plaga en cultivo de maíz pueden llegar hasta el 100%, actualmente los plaguicidas de amplio espectro son la técnica de control más utilizada, desafortunadamente el uso excesivo de estos ha provocado el desarrollando de poblaciones resistentes a estos productos, además de contribuir en la contaminación ambiental y la intoxicación crónica de productores que realizan las aplicaciones sin las medidas de protección adecuadas.

Esto ha provocado que el control biológico se haya implementado dentro de las estrategias de control; uso de microorganismos entomopatógenos, depredadores y parasitoides. *Euplectrus* sp. es una avispa ectoparasitoide gregario de *S. frugiperda*, sin embargo, existe información limitada sobre su biología, reproducción y capacidad como agente de control en condiciones de campo. Describir el comportamiento y morfología de *Euplectrus* sp. además de su efectividad como ectoparasitoide de *S. frugiperda* en condiciones de laboratorio y de campo.

1.2. Objetivo General

Describir el comportamiento y morfología de *Euplectrus* sp., datos ecológicos de campo y de su efectividad como ectoparasitoide de *S. frugiperda* en condiciones de laboratorio.

1.2.1. Objetivos Específicos

1. Observar la longevidad de adultos de *Euplectrus* sp. ante distintas fuentes de azúcares.
2. Analizar diversos tiempos de exposición de larvas de *S. frugiperda* a *Euplectrus* sp. bajo condiciones de laboratorio y su efecto sobre su oviposición.
3. Determinar la especificidad de *Euplectrus* sp. mediante exposición a larvas de diferentes especies de la familia Noctuidae como posibles hospederos.
4. Analizar y documentar las etapas del ciclo biológico de *Euplectrus* sp. mediante evidencia digital.
5. Obtener la secuencia del ADN de un fragmento del gen citocromo oxidasa (COI, código de barras) para apoyar la identificación de la especie.

1.3. Hipótesis

1. Al menos una de las fuentes de azúcares evaluados favorecerá la longevidad de adultos de *Euplectrus* sp.
2. Adultos de *Euplectrus* sp. mostrarán una mayor preferencia de oviposición en menor tiempo sobre larvas de tercer instar de *S. frugiperda*.
3. Adultos de *Euplectrus* sp. mostrarán una clara preferencia de oviposición sobre larvas de *S. frugiperda* en comparación a larvas de diferentes especies de la familia Noctuidae.
4. La secuencia obtenida confirmará el género y posiblemente la especie de la avispa estudiada.

2. Revisión de Literatura

2.1. Gusano cogollero del maíz (*Spodoptera frugiperda*).

El gusano cogollero es una plaga de gran importancia económica en el cultivo de maíz, que pertenece al género *Spodoptera* de la familia *Noctuidae*, esta especie fue clasificada en 1982 por Smith y Abbot como *Phalaena frugiperda*, años más tarde fue colocada en el género *Laphygma* por Guenée, pero no fue hasta 1958 que Zimmerman la reclasificó en el género *Spodoptera* (Sánchez-Pedraza, 2019).

2.1.1. Clasificación taxonómica

Reino: Animal

Phylum: Arthropoda

Clase: Insecta

División: Pterygota

Orden: Lepidoptera

Suborden: Frenatae

Familia: Noctuidae

Subfamilia: Amphipyirinae

Género: *Spodoptera*

Especie: *Spodoptera frugiperda* (J. E. Smith)



Figura 1. Adulto de *Spodoptera frugiperda* (SENASICA, 2021).

2.1.2. Importancia Económica

Spodoptera frugiperda es una plaga de importancia económica de acuerdo con el Centro Nacional de Referencia Fitosanitaria (CNRF) y la Dirección General de Sanidad Vegetal (DGSV) y hasta 2021 estos reportaron más de 180 hospederos de 42 familias diferentes.

Cuadro 1. Principales hospederos de *Spodoptera frugiperda* (Casmuz *et al.* 2010).

Nombre común	Nombre científico
Maíz	<i>Zea mays</i>
Sorgo	<i>Sorghum bicolor</i>
Cacahuate	<i>Arachis hypogaea</i>
Caña de azúcar	<i>Saccharum officinarum</i>
Arroz	<i>Oryza sativa</i>
Frijol	<i>Phaseolus vulgaris</i>
Algodón	<i>Gossypium hirsutum</i>
Soya	<i>Glycine max</i>
Chile	<i>Capsicum annuum</i>
Cebolla	<i>Allium cepa</i>
Alfalfa	<i>Medicago sativa</i>
Tomate	<i>Solanum lycopersicum</i>
Lino	<i>Linum usitatissimum</i>
Papa	<i>Solanum tuberosum</i>
Zacate grama	<i>Cynodon dactylon</i>

A pesar de tener un gran número de hospederos *S. frugiperda* presenta una mayor atracción por el cultivo del maíz, esta especie actúa como trozadora, defoliadora, cortadora, barrenadora, también pueden dañar la flor y la espiga y como cogollero que es su hábito más característico (Gutiérrez, 1984).



Figura 2. Gusano cogollero causando daños por defoliación (Martínez-Martínez, 2019).

Cuando las plantas de maíz se encuentran en fase de desarrollo y hasta alcanzar la cuarta hoja, estas pueden ser cortadas a nivel del suelo o defoliadas de manera parcial o total y si la larva afecta el meristemo apical puede ocasionar la muerte de la planta. Las larvas se concentran en el cogollo a partir de que las plantas presentan seis hojas, posteriormente en los últimos estadios las larvas perforan de manera transversal las hojas enrolladas del cogollo lo cual las debilita y quiebra. Lo anterior ocasiona que se pierda la parte distal y en consecuencia se reduce la capacidad fotosintética de la planta. En la última etapa del cultivo de maíz la larva puede ocasionar daños en la espiga dentro de la hoja bandera, aunque su importancia es relativa ya que generalmente no se pierde toda la espiga y el polen puede ser producido por la misma o por plantas vecinas. Sin embargo, el daño realizado en los estigmas reduce la polinización y produce una disminución de grano (CONAHCYT, 2019).

En México se han registrado pérdidas en producción de maíz causadas por *S. frugiperda* del 13 hasta el 60%, siendo las regiones tropicales donde se observa el mayor porcentaje de daño. Los daños más severos corresponden a las regiones tropicales y subtropicales comúnmente conocidas como zonas de temporal (Gutiérrez, 1984).

2.1.3. Distribución

Este insecto ha invadido el continente africano, europeo y asiático, teniendo un fuerte impacto en cultivos significativos de países como China (Wu *et al.*, 2021).

Sólo su distribución de daños en México abarca los estados de 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 (Notz, 1973). Los estados más afectados son Oaxaca, Chiapas y Campeche debido a que se categoriza como plaga perene de las zonas tropicales y subtropicales (SENASICA, 2021).

2.1.4. Biología y Hábitos

Según el manual CNRF y DGSV (2021), indican que esta plaga es de origen subtropical y tropical, lo cual le permite completar su ciclo de vida a lo largo de todo el año de manera continua. Por otro lado, en zonas templadas presenta un comportamiento diferente, ya que no le es posible sobrevivir a los fríos invernales ya que carece de mecanismos de defensa como diapausa, lo cual la convierte en una plaga estacional.

Independientemente del estado fenológico del maíz, las hembras pueden ovipositar en promedio 1000 huevos a lo largo de su vida adulta, las hembras colocan los huevos en la parte media del envés de la hoja, los cuales cubre con hilos de seda y escamas de color grisáceo proveniente del abdomen de las hembras. Las masas de huevos son agrupadas en cantidades desde 100 hasta 150 huevos, al emerger las larvas se alimentan del corion de los huevos y se mantienen de forma gregaria, aunque no por mucho tiempo ya que presentan hábitos canibalísticos, posteriormente estos descienden por medio de un hilo de seda y se vuelven de vida solitaria. En los primeros instares las larvas solo se alimentarán en el día, mientras que en los últimos instares son más activos durante la noche, cuando una larva se prepara para pasar a pupa tiende a consumir más del 85% del follaje que consume a lo largo de su vida debido al gasto energético y de nutrientes que le tomará el desarrollo de su estadio de pupa y convertirse en adulto (Luginbill, 1928; Mena-Covarrubias, 2008; Bautista y Morales, 2016).

2.1.5. Ciclo biológico del cogollero

Spodoptera frugiperda completa su ciclo de vida en 30 días en verano, 60 en primavera y 60 en invierno desde su fase de huevo a adulto, pasando por 6 o 7 instares larvarios (SENASICA, 2021).



Figura 3. Ciclo biológico de *Spodoptera frugiperda* [Huevo (University of Tennessee); larvas (Hardke *et al.*, 2015); pupa (Scott Bauer USDA) y adulto (Hardke *et al.*, 2015)].

2.1.5.1. Huevo

Los huevos de *S. frugiperda* son de forma globosa, con estrías radiales, de color rosado pálido que se torna gris a medida que se aproxima la eclosión (Angulo-Morales y Baron-Negrete, 2003), miden alrededor de 0.4 mm de diámetro y 0.3 mm de altura (Capinera, 2020). Tardan en promedio 6 días en eclosionar, sin embargo, en los meses de verano los días para eclosionar se reducen a tan solo 2 a 3 días.



Figura 4. **A)** Masa de huevos de *S. frugiperda* (Angúlo, 2019), **B)** Huevo de *S. frugiperda* (MacRae, 2015).

2.1.5.2. Larva

Al nacer las larvas se alimentan del corion y son de color blanquecino a amarillo con pequeños puntos negros de los que sobresalen setas primarias. Más tarde se trasladan a diferentes partes de la planta o plantas vecinas, para evitar la competencia por el alimento y canibalismo. El número de instares por los que pasan las larvas dependen del hospedero, en maíz comúnmente pasa por 6 instares los cuales requieren: 53.9, 42.6, 38.2, 38.6, 44.8, 58.9 unidades calor (con temperatura base de 10.9 °C) (Luginbill, 1928; Angulo-Morales y Baron-Negrete, 2003; Hardke *et al.*, 2015). El color de las larvas varía de acuerdo con el alimento, pero generalmente son oscuras con tres rayas pálidas estrechas y longitudinales; en el dorso se distingue una banda negruzca más ancha hacia el costado y otra por debajo de esta con características similares, pero de color amarillento. En la cabeza se puede distinguir claramente una “Y” blanca invertida (Figura 6A y 6C) (Angulo-Morales y Baron-Negrete,

2003). En el octavo segmento abdominal vista desde la parte dorsal presenta cuatro puntos negros en forma de cuadrado que corresponden a los pináculos setíferos dorsales (Figura 6B); son prominentes y carecen de microespinas (Bautista, 2006; Hardke *et al.*, 2015).

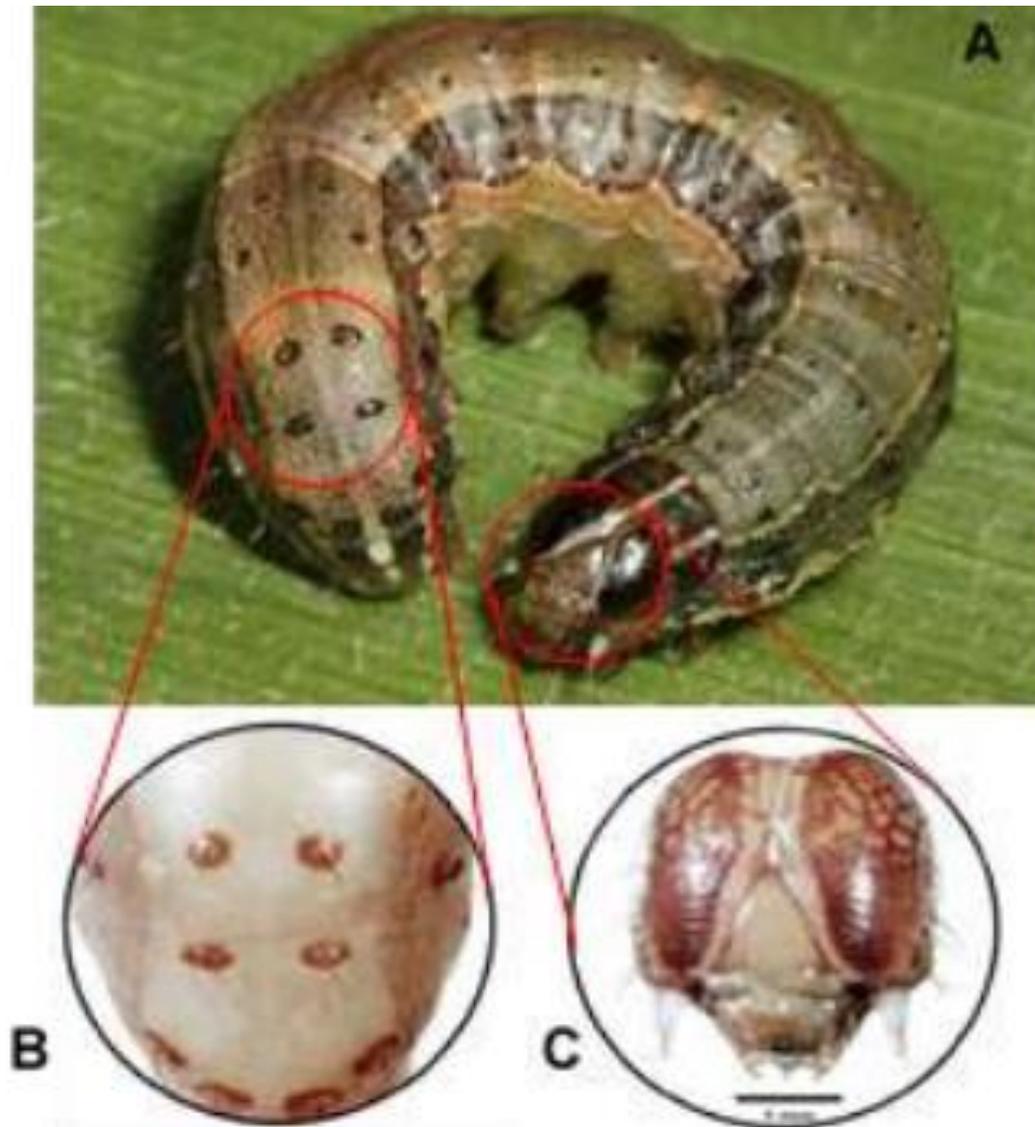


Figura 5. A) Larva de *S. frugiperda*, B) Segmento VIII con cuatro setas características, C) Cápsula cefálica. Créditos: a) Michaud (2013). University Kansas State, b y c) Bautista (2006)

Los primeros dos instares larvales son los de mayor importancia ya que es el momento adecuado para tomar medidas de control; en el primer estadio las larvas miden entre 2 a 3 mm, con cabeza completamente en color negro, mientras que en el segundo instar miden de 4 a 10 mm, con la cabeza de color café claro. A partir del tercer instar se introducen en el

cogollo, haciendo perforaciones que son apreciados cuando la hoja se abre o desenvuelve (Angulo-Morales, y Baron-Negrete, 2003), al alcanzar su ultimo estadio las larvas pueden llegar a medir hasta 35 mm, usualmente, su coloración es oscura y presenta tres franjas pálidas delgadas a lo largo de su cuerpo. En la parte superior del cuerpo, se puede observar una banda ancha de color oscuro y otra de tono amarillento más abajo. Además, en la parte frontal de la cabeza, se puede ver una marca en forma de "Y" invertida de color blanco (Bautista, 2006).

2.1.5.3. Pupa

Las pupas presentan una tonalidad caoba y miden 14 a 18 mm de longitud 4.5 mm de diámetro aproximadamente, su extremo abdominal termina en 2 espinas o ganchos en forma de "U" invertida. Esta fase se desarrolla en el suelo y el insecto está en reposo hasta los 8 a 10 días y posteriormente emerge el adulto o palomilla, (Borquez-Castro, 1978). Es posible identificar el sexo mientras está en fase de pupa, ya que los machos presentan dos elevaciones que corresponden a los testículos en el noveno esternito abdominal y las hembras presentan unas líneas curvadas que corresponde a la bursa copulatrix en el octavo segmento abdominal (Borquez-Castro, 1978).



Figura 6. Pupas de *S. frugiperda*. 1) Macho y 2) Hembra (Juárez-Reyes, 2021).

2.1.5.4. Adulto

Las palomillas manifiestan hábitos nocturnos y prefieren un ambiente con alta porcentaje de humedad. Los machos y las hembras pueden distinguirse mediante diferencias físicas (dimorfismo sexual). Para identificar a un macho, se observa que las alas tienen un color grisáceo a marrón con manchas triangulares en las puntas y en el centro. Mientras que, para identificar a las hembras, se observa que las alas tienen un color más uniforme, en tonos de gris y marrón, sin manchas. Durante el día permanecen escondidas entre la hojarasca, maleza o sitios sombreados, mientras que al atardecer y la noche son activas y pueden desplazarse varios kilómetros de distancia especialmente cuando soplan vientos fuertes (Angulo-Morales, y Baron-Negrete, 2003).

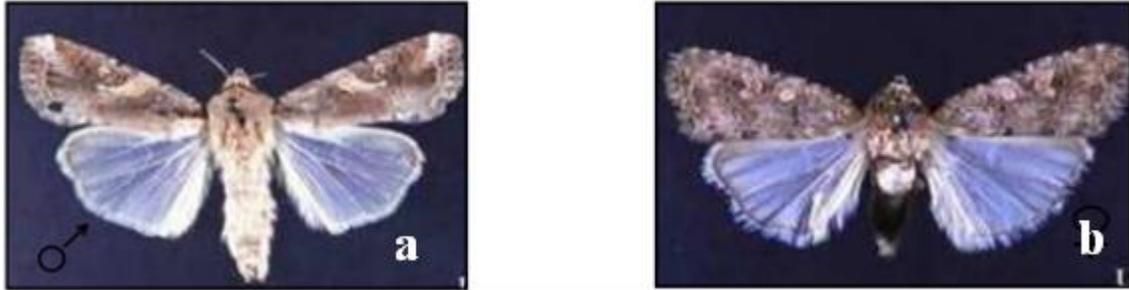


Figura 7. *Spodoptera frugiperda* adulto, a) macho y b) hembra (Angulo-Morales y Baron-Negrete, 2003).

2.2. Maíz (*Zea mays* L.)

El maíz forma parte del género *Zea* perteneciente a la familia Poaceae, en esta familia se encuentra una gran variedad de cereales de gran importancia económica como el trigo, arroz, avena, sorgo, cebada y caña de azúcar (Doebley E Iltis, 1980). El maíz ha desempeñado un papel crucial en la supervivencia y progreso de varias culturas nativas, volviéndose parte fundamental de su vida diaria, creencias religiosas y relatos mitológicos. A medida que el tiempo ha avanzado, el maíz ha alcanzado una distribución global muy amplia siendo considerado en la actualidad como el cereal de mayor volumen en producción a nivel mundial, seguido por el trigo y el arroz (Gonzales-Cortez, 2016).

2.2.1. Clasificación taxonómica

Reino: Plantae

Subreino: Tracheobiota

Supervisión: Spermatophyta

División: Magnoliophyta

Clase: Liliopsida

Subclase: Commelinidae

Orden: Cyperales

Familia: Poaceae



Figura 8. *Zea mays* L (Libertyprimet al, 2022)

Tribu: Maydeae

Género: *Zea*

Especie: *Zea mays* (Linneo).

2.2.2. Morfología

Esta planta cuenta con dos tipos de raíces, raíces primarias y raíces adventicias. Las primarias son raíces fibrosas, mientras que las adventicias nacen en los primeros nudos a nivel del suelo. Ambos tipos de raíces cumplen la función de mantener a la planta de forma erecta además de la absorción y el transporte de nutrientes (CONAHCYT, 2020). El tallo se presenta como una estructura erecta y de considerable altura, pudiendo llegar hasta los 4 metros. Es fuerte y carece de ramificaciones y se conforma de 3 tipos de capas: 1) epidermis que es impermeable y transparente, 2) una pared en donde se transportan las sustancias alimenticias y 3) una médula de tejido esponjoso de tonalidad blanca donde almacena la reserva de energías como el azúcar (CONAHCYT, 2020). Debido a su clasificación como planta monocotiledónea, sus hojas se desarrollan en forma alargada, enrollándose alrededor del tallo. Estas hojas son cruciales para la formación de las mazorcas, las cuales se componen de un núcleo central u olote, cubierto por hileras de granos, los cuales constituyen la parte comestible de la planta. Este proceso de formación de las mazorcas se inicia mediante la fecundación de la espiga, la cual emerge de una hoja especial conocida como hoja bandera (Guacho-Abarca, 2014).

El maíz es una planta monoica de flores unisexuales, en la misma planta se pueden encontrar tanto la inflorescencia masculina y femenina bien diferenciada: La espiga, también conocida como panícula, panoja o miahuatl en náhuatl (Guacho-Abarca, 2014), es una estructura que surge de la hoja bandera del maíz. Está formada por un eje central, llamado raquis, y ramas laterales. A lo largo del raquis se distribuyen los pares de espiguillas, dispuestas de manera polística. Cada espiguilla está protegida por dos brácteas o glumas, que a su vez contienen las flores estaminadas en parejas. Cada pequeña flor en la espiga tiene tres estambres, donde se desarrollan los granos de polen (CONAHCYT, 2020). Estas estructuras se encuentran en las yemas axilares de las hojas, conocidas como cogollo. Son similares a espigas cilíndricas, compuestas por un raquis central o núcleo (olote) donde se insertan las espiguillas por pares.

Cada espiguilla contiene dos flores pistiladas, una fértil y otra que no se desarrolla completamente distribuidas en filas paralelas. Las flores pistiladas presentan un ovario único con un pedicelo unido al raquis, y un estilo largo con propiedades estigmáticas donde el polen germina (CONAHCYT, 2020; INECOL, 2023).

Las carióspsides comúnmente conocidas como granos, son frutos individuales que se encuentran insertados en el raquis cilíndrico, también llamado elote. El número de granos presentes dependerá de la cantidad de hileras que tenga la mazorca. (Kato-Yamakake, 2009).

2.2.3. Fenología

El desarrollo del cultivo del maíz está compuesto por etapas y es posible describir la etapa o ciclo en la que se encuentran a partir de cambios externos que son posibles de visualizar.

Las etapas de desarrollo del cultivo de maíz se dividen en dos categorías irrefutables:

- La etapa vegetativa (V).
- La etapa reproductiva (R).

Cuadro 2. Etapas de desarrollo del cultivo de maíz (Juárez-Reyes, 2021).

Etapa	DDS*	Características
VE	5	El coleóptilo emerge de la superficie del suelo.
V1	9	Es visible el cuello de la primera hoja.
V2	12	Es visible el cuello de la segunda hoja.
VN	30	Es visible el cuello de la hoja número “n”. (“n” es igual al número definitivo de las hojas que tiene la planta; “n” generalmente fluctúa entre 16 y 22, pero para la floración se habrán perdido las 4 a 5 hojas de más abajo).
VT	55	Es completamente visible la última rama de la panícula.
R0	57	Es completamente visible la última rama de la panícula.
R1	59	Son visibles los estigmas.
R2	71	Etapa de ampolla. Los granos se llenan con un líquido claro y se puede ver el embrión.
R3	80	Etapa lechosa. Los granos se llenan con un líquido lechoso claro.
R4	90	Etapa lechosa. Los granos se llenan con una pasta blanca. El embrión tiene aproximadamente la mitad del ancho del grano
R5	102	Etapa dentada. La parte superior de los granos se llena con almidón sólido y, cuando el genotipo es dentado, los granos adquieren la forma dentada. En los tipos tanto cristalinos como dentados es visible una “línea de leche” cuando se observa el grano desde el costado.
R6	112	Madurez fisiológica. Una capa negra es visible en la base del grano. La humedad del grano es generalmente de alrededor del 35%.

* DDS: Días después de la siembra en ambientes tropicales (33°C y 22°C).

2.2.4. Plagas

Hay diversas especies de plagas que atacan al maíz, de las cuales las principales son: Gusano cogollero (*S. frugiperda*), gallina ciega (*Phyllophaga* spp.), gusanos de alambre (*Aeolus* sp.), barrenador del tallo (*Diatraea* sp.), gusano elotero (*Helicoverpa zea*), falso medidor (*Mocis latipes*), gusanos cortadores (*Agrotis* spp. y *Feltia* spp.), diabroticas (*Diabrotica* sp.) y áfido o pulgón (*Rhopalosiphum* sp.) (SADER, 2022). *S. frugiperda* es la plaga principal del maíz y es en las fases juveniles donde las plagas tienden a causar más daño.

2.3. *Euplectrus* sp.

La familia Eulophidae se conforma por cuatro subfamilias Euderinae, Eulophinae, Entedoninae y Tetrastichinae, el género *Euplectrus* se encuentra dentro de la subfamilia Eulophinae la cual alberga 209 especies reportadas hasta el momento (Corona-Blanco, *et al.* 2021).

2.3.1. Clasificación taxonómica

Reino: Animalia

Phylum: Arthropoda

Clase: Insecta

Orden: Hymenoptera

Familia: Eulophidae

Subfamilia: Eulophinae

Género: *Euplectrus*

Especie: *Euplectrus* sp.



Figura 9. *Euplectrus* sp. recién emergido como adulto (Perez-Vazquez, 2023).

2.3.2. Importancia

Euplectrus sp., es una especie de avispa ectoparasitoide de larvas que pertenecen a la familia Noctuidae, esta pequeña avispa es perteneciente a la familia Eulophidae, y ha sido señalada como un agente de control biológico, aunque muy poco estudiada a pesar de tener 209 especies dentro del género (Nakamatsu y Tanaka, 2003). Si bien es muy poca la investigación de este parasitoide, hasta el momento solamente se considera a *Euplectrus platyhyphenae* Howard como la principal especie del género como parasitoide importante de *S. frugiperda*.

2.3.3. Biología

Euplectrus sp. es un ectoparasitoide gregario que utiliza a *S. frugiperda* desde el tercer al quinto estadio larvario como huésped y pone huevos en el dorso lateral de segmentos restringidos del huésped. La avispa hembra inyecta su veneno en el huésped para regular el estado fisiológico antes de la oviposición. El huésped parasitado continúa creciendo sin ecdisis hasta la siguiente etapa. La concentración de lípidos y proteínas en la hemolinfa del huésped parasitado aumenta más que la de uno no parasitado. Las larvas jóvenes del parasitoide se alimentan de la hemolinfa que contiene ricos nutrientes. Sin embargo, el huésped finalmente muere y las larvas del parasitoide dejan el cuerpo de la larva en un estado momificado cuando estas emergen como adultos (Nakamatsu y Tanaka, 2003; Murúa y Virla, 2004).

El ciclo biológico de *Euplectrus* consiste en oviosición, 3 a 5 estadios larvarios, pupa y la etapa adulta, todo en un lapso de 16 días, además presenta un parasitismo de tipo gregario ectoparasitoide ya que sus larvas se desarrollan sobre el hospedero (EcuREd, 2011).

2.3.3.1. Huevo

Euplectrus platyhyphenae según EcuRed, es capaz de ovipositar de 15 a 25 huevos la duración en promedio desde la oviposición hasta su emergencia como adulto es de 14.86 a 16 días. Los huevos son de tipo pedicelado, con una longitud promedio de 0.20 mm y 0.10 mm de ancho. Normalmente son colocados en los primero 4 segmentos abdominales de la larva

hospedera. La eclosión de los huevos se presenta tres días después de la oviposición con un 46.40% de eclosión. También es posible ver huevos ya ovipositados destruidas por otra hembra del mismo parasitoide.

2.3.3.2. Larva

La fase larval tiene en promedio una duración de 4.47 días variando entre 4 a 6 días pasando por tres a cuatro instares larvales dependiendo la especie. Cada instar tiene un tiempo de duración de 1, 2.49 y 1 día respectivamente. Las larvas del tercer instar migran desde el dorso del hospedero hacia la parte ventral del mismo para pupar (EcuREd, 2011).

2.3.3.3. Adulto

Los adultos emergen 16 días después de la oviposición presentan un dimorfismo sexual, los machos pueden llegar a tener 3 mm de longitud, el macho presenta el primer segmento de las antenas muy desarrollado en forma ovoide y color negro que se insertan en los restantes segmentos pequeños a manera de banderilla de torero de color blanco y negro, la hembra es ligeramente más grande (EcuREd, 2011).

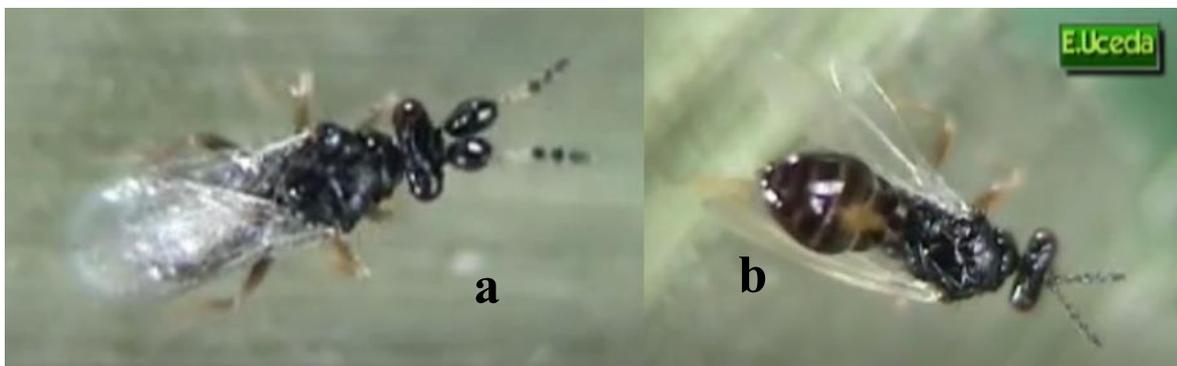


Figura 10. Dimorfismo sexual de *Euplectrus platyhypenae* a) hembra y b) macho (Uceda-Porras y UCEDA-Valdiviezo, 2008).

3. MATERIALES Y METODOS

El presente trabajo de investigación se llevó a cabo en el Departamento de Parasitología de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro (UAAAN) (101°1'52" Longitud Oeste y 25°21'10" Latitud Norte, a 1753 msnm) (Mapcarta, 2022; UAAAN, 1998).

3.1. Establecimiento de la cría de *S. frugiperda*.

Se colectaron larvas de *S. frugiperda* en Cadereyta Jiménez, Nuevo León, México (99°53'14.9" Longitud Oeste y 25°24'18.5" Latitud Norte), también en la Col. Guadalupe Victoria Mpio. de Villaflores, Chiapas (-93°13'48" Longitud Oeste y 16°44'48" Latitud Norte) y de parcelas experimentales de maíz establecidas dentro de la UAAAN.



Figura 11. Plantas de maíz con presencia de daño por larvas de *S. frugiperda* (larvas colectadas para la cría).

Posteriormente con base en la metodología de Armas y Ayala (1990) y Gómez (1994) se obtuvieron larvas para pie de cría y se aislaron con el fin de obtener individuos libres de enfermedades y parasitoides. Posteriormente se colocaron individualmente en vasos

individuales de 20 mL con el fin de evitar el canibalismo, estas fueron alimentadas con espigas de maíz hasta entrar en su etapa de pupa.



Figura 12. Cría de larvas de *S. frugiperda* en laboratorio.

En un bote de un litro con tela de organza en la tapa, se colocaron las pupas junto con un trozo de algodón húmedo, además se colocó un trozo de papel de estraza para que los adultos ovipositaran sobre este y fuera más fácil recuperar los huevecillos.



Figura 13. Pupas y contenedores para la obtención de la cría en laboratorio

Los huevecillos fueron recuperados del papel estraza y se colocaron en vasos de 20mL a una temperatura promedio de 27.5°C (25 – 30°C) hasta su eclosión. Enseguida las larvas neonatas se colocaron en un recipiente de 500 mL donde fueron alimentadas con espigas de maíz hasta alcanzar su tercer estadio, posteriormente las larvas de tercer estadio se colocaron

individualmente en recipientes de 20 mL. Este procedimiento se repitió las veces que fuese necesario para tener suficientes larvas a través del tiempo para las pruebas.

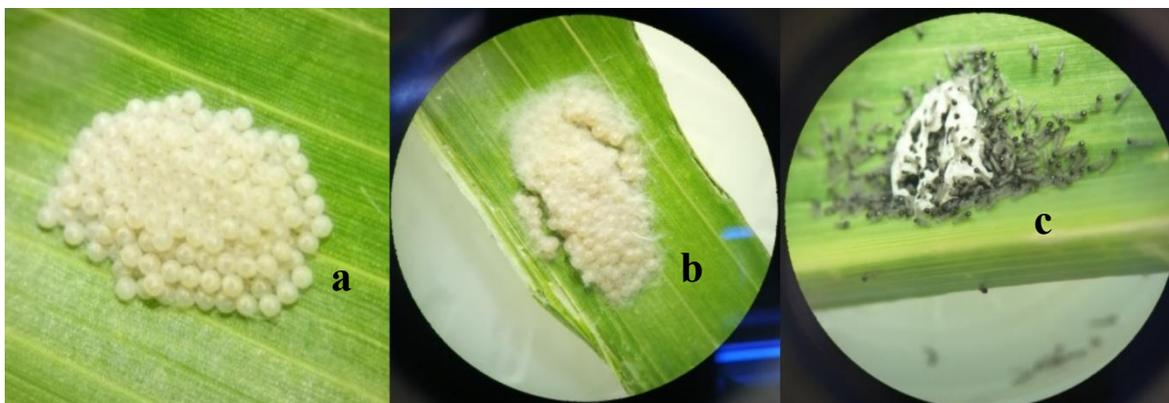


Figura 14. a) y b) masas de huevos de *S. frugiperda* y c) Larvas neonatas de *S. frugiperda*.

3.2. Establecimiento de cría experimental de *Euplectrus* sp. bajo condiciones de laboratorio

En los muestreos realizados dentro de la UAAAN y Chiapas se encontraron larvas de *S. frugiperda* parasitadas por *Euplectrus* sp., estas fueron trasladadas al laboratorio de ecología y control biológico; donde posteriormente cuando emergieron las avispas se utilizaron para establecer una colonia del parasitoide. Las larvas con presencia de parasitismo aparente por *Euplectrus* sp. se colocaron individualmente en recipientes de 20 mL con una humedad relativa promedio de 67% (62 – 72 %), cuando emergieron los adultos se alimentaron con una fuente de azúcar y se expusieron a larvas de *S. frugiperda* para que las parasitaran, con el fin de dar seguimiento a su ciclo de vida y poder aumentar la población de *Euplectrus* sp.

3.3. Objetivo 1: Observar la longevidad de adultos de *Euplectrus* sp. ante distintas fuentes de azúcares.

Se evaluó el efecto de tres diferentes tipos de azúcares (soda Coca-Cola, jugo de naranja natural y miel de abeja) en la longevidad de adultos de *Euplectrus* sp., por fuente de azúcar

a evaluar se colocaron 26 avispas (16 hembras y 10 machos) en un recipiente de 200 mL el cual tenía la tapa perforada y cubierta con tela de organza, además se colocó un testigo al cual sólo se le colocó agua. En la parte superior del bote (en la tapa, sobre la tela de organza) se colocó un algodón empapado con la fuente de azúcar, el cual se cambió todos los días durante el tiempo que los adultos estuvieron con vida. Se registró el tiempo de vida promedio de las avispas alimentadas con las diferentes fuentes de azúcares.

3.4. Objetivo 2: Analizar diversos tiempos de exposición de larvas de *S. frugiperda* a *Euplectrus* sp. bajo condiciones de laboratorio y su efecto sobre su oviposición.

Se registró la oviposición de *Euplectrus* sp. sobre larvas de tercer a quinto instar de *S. frugiperda* a las 24 y 72 horas, se usaron cinco avispas y tres larvas por cada una. Las larvas fueron colocadas individualmente en recipientes de 200 mL con alimento y un algodón humedecido con agua y otro con miel de abeja. Las avispas se colocaron individualmente dentro de los recipientes con la larva, y al cumplirse el tiempo de exposición se cambiaron a otro recipiente con otra larva (este procedimiento se repitió hasta que cada avispa fue expuesta a tres larvas). Como testigo se utilizaron 15 larvas sin exposición a avispas de *Euplectrus* sp. Se registró el número de huevos ovipositados sobre las larvas a las 24 y 72 horas.

3.5. Objetivo 3: Determinar la especificidad de *Euplectrus* sp. mediante exposición a larvas de diferentes especies de la familia Noctuidae como posibles hospederos.

Se analizó el comportamiento de *Euplectrus* sp. ante larvas de tres diferentes especies de noctuidos; *S. frugiperda*, *Spodoptera exigua* y *Helicoverpa zea*. Para esta prueba se utilizaron 15 larvas por especie de larva, las cuales fueron colocadas individualmente en recipientes de 200 mL con una avispa por 24 horas. Después de este periodo de tiempo se retiraron las avispas y las larvas de las tres especies, fueron revisadas minuciosamente en el estereoscopio para ver la presencia de masas de huevecillos. Se registró el número de larvas parasitadas por

especie y número de huevos por larva. Los datos se sometieron a un análisis de LSD Fisher, con $\alpha=0.05$.

3.6. Objetivo 4: Analizar y documentar las etapas del ciclo biológico de *Euplectrus* sp. mediante evidencia digital.

Se analizó y documentó digitalmente (fotografías y videos) el ciclo biológico de *Euplectrus* sp., además se realizó una descripción de cada etapa biológica en base a las observaciones realizadas durante su desarrollo.

3.7. Objetivo 5: Obtener la secuencia del ADN un fragmento del gen citocromo oxidasa (COI, código de barras) para apoyar la identificación de la especie.

Se tomaron adultos de *Euplectrus* sp. y se colocaron en tubos Eppendorf con alcohol absoluto (96%) y en la Universidad Autónoma de Zacatecas la Dra. Martha Patricia España Luna realizó la extracción de ADN para la identificación de la especie. La secuencia obtenida se subió a la base de datos de GenBank.

4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. Objetivo 1: Observar la longevidad de adultos de *Euplectrus* sp. ante distintas fuentes de azúcares.

Se observó que las avispas alimentadas con miel de abeja vivieron por más tiempo en comparación a las alimentadas con jugo de naranja, soda y agua. Cuando las avispas se alimentaron con miel de abeja la primera muerte se observó a los 31 días y a los 46 días la última, mientras que en jugo de naranja fue a los 10 y 25 días, en soda a los nueve y 24 días y finalmente en agua a los 4 y 21 días respectivamente. Uceda-Porras y Uceda-Valdiviezo (2003) reportan que la longevidad de *Euplectrus plathyphenae* es de 16 días en promedio, esto coincide con nuestras observaciones pues cuando las avispas fueron alimentadas con soda vivieron en promedio 16.5 días (**Fig. 15**).

Se observó que en general las hembras presentaron una mayor longevidad que los machos, sin importar la fuente de azúcar brindada. Sin embargo, si se observó que dependiendo la fuente de azúcar la longevidad de las hembras variaba, cuando fueron alimentadas con miel de abeja las hembras vivieron en promedio 43 días, mientras que al ser alimentadas con agua solo vivieron 20 días (**Cuadro 3**). Mientras que los machos solo vivieron 36 días en promedio al ser alimentados con miel de abeja y al ser alimentados con agua solo lograron sobrevivir 7.5 días (**Cuadro 3**). Las observaciones indican que las avispas alimentadas con miel de abeja tienen una longevidad tres veces mayor a lo reportado para *E. plathyphenae* por Uceda-Porras y Uceda-Valdiviezo (2003).

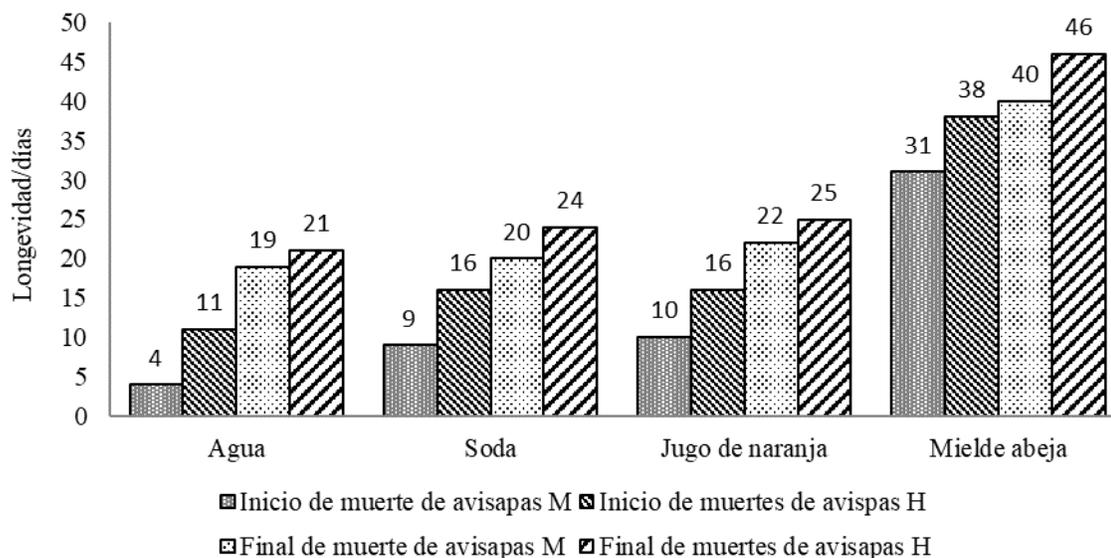


Figura 15. Longevidad de avispas de *Euplectrus* sp. alimentadas con agua y tres diferentes fuentes de azúcar.

Cuadro 3. Longevidad de macho y hembras de *Euplectrus* sp. alimentados con agua y tres diferentes fuentes de azúcar.

Fuente de Azúcar	Longevidad promedio en machos (días) (rango)	Longevidad promedio en hembras (días) (rango)
Agua	7.5 (4 – 11)	20 (19 – 21)
Soda	12.5 (9 – 16)	22 (20 – 24)
Jugo de Naranja	13 (10 – 16)	23.5 (22 – 25)
Miel de Abeja	36 (34 – 38)	43 (40 – 46)

4.2. Objetivo 2. Analizar diversos tiempos de exposición de larvas de *S. frugiperda* a *Euplectrus* sp. bajo condiciones de laboratorio y su efecto sobre su oviposición

Se observó el 100% de larvas parasitadas a las 24 horas en un rango de 29 a 45 huevos (**Fig. 16**), sin embargo, se observó que el número de huevos disminuía en cada cambio de larva.

Cuando las larvas fueron expuestas por 72 horas también se observó un 100% de parasitismo con un rango de 4 a 68 huevos, también se observó que el número de huevos disminuyó considerablemente cuando se cambió de la segunda a la tercera larva (**Fig. 17**). Las larvas que presentaban más de 45 huevos no lograron sobrevivir y los huevos de *Euplectrus* sp. no eclosionaban y si llegaban a eclosionar las larvas no lograban sobrevivir (murieron en el primer o segundo estadio larvario). Mientras que las larvas que presentaban un número de huevecillos entre 8 a 45 huevos lograban desarrollarse, las larvas utilizadas como testigo sobrevivieron y no se vieron afectadas por parasitismo o algún otro factor ya que lograron completar su ciclo de vida.

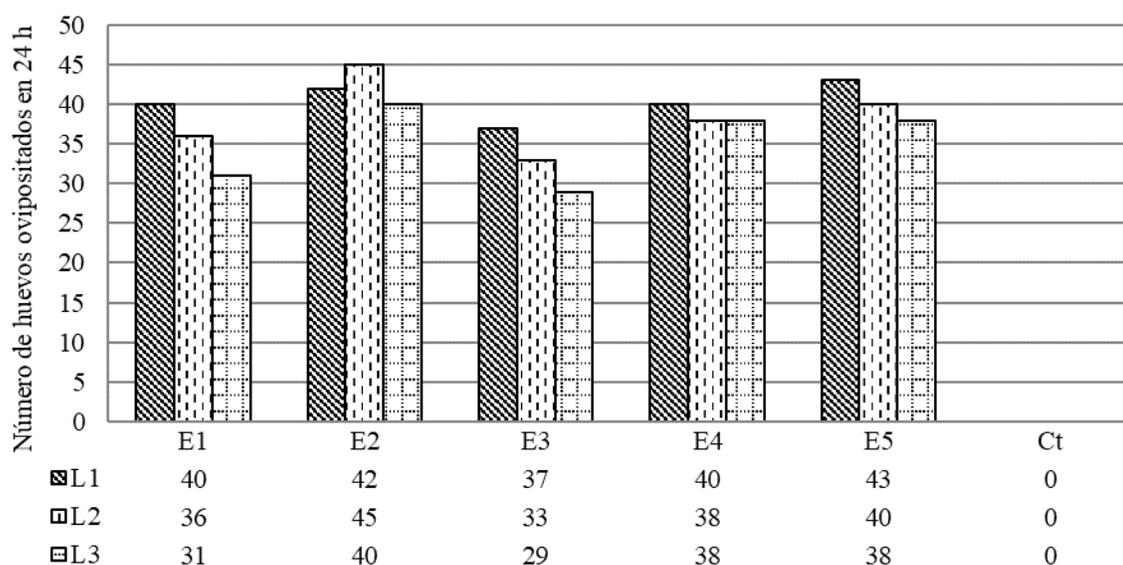


Figura 16. Número de huevos ovipositados por cinco avispas *Euplectrus* sp. sobre tres diferentes larvas de *S. frugiperda* en 24 h (E1 = avispa 1, E2 = avispa 2, E3 = avispa 3, E4 = avispa 4, E5 = avispa 5 y Ct = Control; L1 = larva 1, L2 = larva 2 y L3 = larva 3).

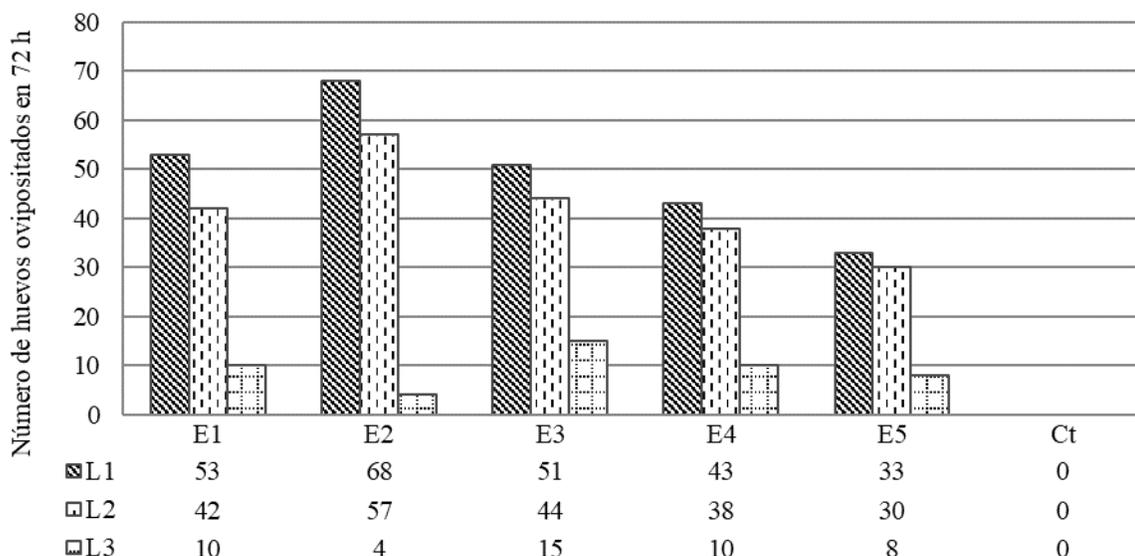


Figura 17. Número de huevos ovipositados por cinco avispas *Euplectrus sp* sobre tres diferentes larvas de *S. frugiperda* en 72 h (E1 = avispa 1, E2 = avispa 2, E3 = avispa 3, E4 = avispa 4, E5 = avispa 5 y Ct = Control; L1 = larva 1, L2 = larva 2 y L3 = larva 3).

4.3. Objetivo 3: Determinar el comportamiento de *Euplectrus sp.* mediante exposición a larvas de diferentes especies de la familia Noctuidae como posibles hospederos.

Al analizar el comportamiento de *Euplectrus sp.* ante larvas de tres especies de nóctuidos, no se observaron diferencias estadísticas significativas ($p < 0.0001$) (**Cuadro 4**). Se observó que el 100% de larvas de *S. frugiperda* fueron parasitadas, mientras que ninguna de las larvas de *H. zea* y *S. exigua* fueron parasitadas después de 24 horas de estar expuestas a las avispas.

Cuadro 4. Oviposición de *Euplectrus sp.* en sobre larvas de tres especies diferentes de nóctuidos. Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.05$).

Especie	Media	n*	E.E.	
<i>Spodoptera frugiperda</i>	33.27	15	1.31	A
<i>Helicoverpa zea</i>	0.00	15	1.31	B
<i>Spodoptera exigua</i>	0.00	15	1.31	B

*n = número de repeticiones (larvas), E.E. = Error estándar.

4.4. Objetivo 4: Analizar y documentar las etapas del ciclo biológico de *Euplectrus* sp. mediante evidencia digital.

Según Pulido-Fonseca (1978); Nakamatsu y Tanaka (2003); Ecured (2011), mencionan que tanto *E. platyhypenae* como *Euplectrus comstockii* Howard (Hymenoptera: Eulophidae) tienen una longevidad de 16 ± 2 y 13.2 ± 3 días respectivamente para completar su ciclo biológico pasando por huevo, larva (4-6 estadios larvales), pupa y adulto. Las observaciones coinciden con lo reportado por los autores mencionados anteriormente, a continuación, se realiza una descripción detallada sobre las diferentes etapas de *Euplectrus* sp. basada en las observaciones realizadas en laboratorio.

4.4.1. Oviposición

Las hembras de *Euplectrus* sp. se sitúan en las primeras secciones abdominales dorsales de *S. frugiperda* (Romero y Navarro, 2009), y de forma casi inmediata comienzan a palpar con sus antenas la cutícula de la larva. Los huevos son colocados de manera estratégica en el mesotórax – metatórax con el fin de que la larva hospedera no pueda alcanzarlos, y las larvas parasitadas fueron las que se encontraban entre el tercer y quinto estadio. Aparentemente la oviposición no se vio afectada por horas día o noche, ya que el 50% de las oviposiciones fueron observadas durante la noche. Las hembras ovipositaron un mínimo de cuatro y un máximo de 68 huevos por larva,

4.4.2. Huevo

Son ligeramente ovalados, de color blanco recién ovipositados que posteriormente se tornan gradualmente de una coloración café. A una temperatura promedio de 25°C y humedad relativa del 65% las larvas comienzan a emerger a las 17 horas, comienzan a romper de forma gradual el corion desde uno de sus polos atravesando la curva exterior hasta llegar al polo

posterior (**Fig. 19 c y 20 a**), la longitud final del huevo antes de la eclosión es de 0.15 mm en promedio (la longitud fluctúa a lo largo de su desarrollo).



Figura 18. Avispa de *Euplectrus* sp. (flecha roja) sobre larva de *S. frugiperda*.



Figura 19. A) Hembra de *Euplectrus* sp. ovipositando sobre larva de *S. frugiperda*, B) Huevos de *Euplectrus* sp. a 8 horas de ser ovipositadas (flecha roja), C) Huevos de *Euplectrus* sp. a 17 horas de ser ovipositados

4.4.3. Larva.

Al emerger las larvas de *Euplectrus* sp. se adhieren a la cutícula con ayuda de unos pequeños apéndices que se encuentran a lo largo de sus siete segmentos abdominales, posteriormente comienzan a succionar la hemolinfa de su hospedero. *Euplectrus* sp. pasa por cuatro instares larvales; en su primer instar presentan una coloración blanquecina y una longitud de 0.15 mm (**Fig. 20**), en el segundo instar se tornan de una coloración verde y los segmentos abdominales son más marcados y se pueden apreciar mejor y su longitud es de 1.00 mm (**Fig. 21**), cuando pasan al tercer instar se vuelven de un color verde-jade y alcanzan una longitud de 1.5 mm (**Fig. 22**), finalmente en el cuarto instar se vuelven de color amarillo opaco y miden 2.3 mm de longitud, en esta ultimo instar las larvas migran al abdomen de su hospedero para posteriormente entrar en su etapa de pupa (**Fig. 23**).

La larva hospedera durante todo este proceso entra en un estado de letargo y deja de comer mientras es succionado por las larvas de *Euplectrus* sp., hasta quedar en una especie de momificación (Figura 23) Cada instar larval se completa en función de la temperatura y humedad relativa (**Cuadro 7**) sin embargo por debajo de los 8°C y superior a los 34°C las larvas no se desarrollan.



Figura 20. a) Ruptura del corión a 17 h de la oviposición, b) y c) primer instar larval de *Euplectrus* sp.



Figura 21. Segundo instar larval de *Euplectrus* sp. (tonalidad verde pálido y mejor visibilidad de los segmentos abdominales).



Figura 22. Tercer instar larval de *Euplectrus* sp. (coloración verde jade).



Figura 23. a) Cuarto instar larval de *Euplectrus* sp. b) larvas de *Euplectrus* sp. en la parte abdominal del hospedero preparándose para entrar a etapa de pupa, c) larva hospedera momificada (muerta).

4.4.4. Pupa.

Después de que las larvas de *Euplectrus* sp. en su cuarto instar larval migren hacia el abdomen de la larva hospedera la cual ya se encuentra muerta, comienzan a tejer una red de hilos de seda a su alrededor (Fig. 25) lo cual las mantiene adheridas y les brinda el soporte necesario al momento de emerger como adulto este proceso le toma 8 ± 2 h. Las pupas de *Euplectrus* sp. son de tipo exarata (Fig. 24), una de las principales características de estas

pupas es la presencia de hilos de seda (cocón) los cuales son indispensables para que pueda emerger el adulto (**Figura 25 a**).



Figura 24. Pupa tipo exarata de *Euplectrus* sp.



Figura 25. a) Red de hilos de seda tejidos por larvas de *Euplectrus* sp. como soporte para su desarrollo como pupa; b) y c) Pupas de tipo exarata adheridas al abdomen *S. frugiperda*.

4.4.5. Adulto.

Durante la observación de emergencia como adultos se pudo corroborar que el 50% de las emergencias como adulto se manifiestan a las 3.0 ± 1.5 h del día y el otro 50% de las emergencias se daban durante las 12.0 ± 2 h del día. El tiempo de ruptura de la pupa hasta la extensión de las alas le toma solo 16 ± 1 min, los machos siempre son los primeros en emerger y manifiestan una conducta territorial quedándose en el cadáver del hospedero a la espera de la emergencia de las hembras para copular inmediatamente (la evidencia del desarrollo del ciclo biológico, así como la emergencia de los adultos y su alimentación fueron tomadas en una serie de videos a los que se puede tener acceso mediante el siguiente link: <https://youtube.com/@agrobiologiauaaan-hr2qu?si=9h7YzAFXq5z9Q6MH>).

Euplectrus sp. cuenta con una cabeza tipo hipognata de color negro brillante, una mandíbula tipo masticador-lamedor, ojos compuesto color rojo opaco, ocelo medio y laterales, antenas filiformes compuestas por un esclerito antenal en forma de anillo, el escapo, el segmento y 6 falangeles ligeramente clavadas de color amarillo en los machos y ligeramente más oscuras en las hembras; tanto el cérvix como el tórax son de color negro brillante al igual que la cabeza (Figura 17 y 18) (Ross, 1982), tiene 3 pares de patas torácicas formadas por 4 tarsomeros y un espolón al final de cada tibia (como se describe a los Eulophidos diferenciándolo así de otros Chalcididos) (Fuentes-Guardiola *et al*, 2017), en ambos sexos todas las patas son de tonalidad amarilla a excepción de la coxa que es del mismo tono que el tórax las alas en ambos sexos son de color transparentes con venas primitivas semejantes a la de las arcaicas; el abdomen de las hembras es ovoide (compuesta de 6 segmentos y el ovipositor) su color es totalmente amarillo en la parte inferior, cuenta con dos bandas de color negro en los laterales superiores de forma horizontal sin cruzar a la parte inferior dejando el centro superior en color amarillo, el macho tienen el abdomen más pequeño y alargado compuesto de 6 segmentos, su tonalidad es negra en la parte superior dejando un lucero central color amarillo, la parte inferior del abdomen en el macho se divide justo a la mitad de forma vertical dejando la parte más cercana al tórax en color amarillo y el resto en color negro, la longitud del macho es de 2.8 mm y la hembra de 3.3 mm.



Figura 26. Características morfológicas de hembra de *Euplectrus* sp. **a)** Vista lateral, abdomen dividido de forma horizontal por bandas laterales de color negro, **b)** Vista ventral, abdomen mas ancho; **c)** vista superior, se aprecian las bandas de color negro en los laterales del abdomen.



Figura 27. Características morfológicas de macho de *Euplectrus* sp. **a)** Vista lateral del abdomen con manchas de coloración amarilla, **b)** Vista dorsal, abdomen de coloración mayormente oscura, **c)** apreciación del lucero amarillo cerca del tórax y alas transparentes.

Cuadro 4. Tiempo de desarrollo del ciclo completo de *Euplectrus* sp. en diferentes temperaturas.

Temperatura	Huevo	L1	L2	L3	L4	Pupa	Total días
10°	1.0	6.5	6.5	7.0	7.0	9.0	37.0
12°	0.9	4.0	5.3	6.0	6.5	7.0	29.7
25°	0.7	2.0	3.5	4.0	4.5	5.0	19.7
32°	0.8	2.5	4.0	5.0	6.0	6.0	24.3
34°	1.0	5.0	6.5	6.5	7.0	8.0	34.0

L1 = Larva 1, L2 = Larva 2, L3 = Larva 3 y L4 = Larva 4.

4.5. Objetivo 5. Obtener la secuencia del ADN de un fragmento del gen citocromo oxidasa (COI, código de barras) para apoyar la identificación de la especie.

En base a los resultados obtenidos de la secuenciación del ADN del gen citocromo oxidasa (COI) muestra una coincidencia por identidad del 98.87% para el código GenBank PP218061.1 (Figura 28) y 96.27% para el código PP218062.1 (Figura 29), ambas para secuencias identificadas como *Euplectrus* sp., cuentan con 100% de cobertura de la secuencia y una certeza 0.0 de E value (Figura 30).

Score	Expect	Identities	Gaps	Strand
1094 bits(592)	0.0	610/617(99%)	7/617(1%)	Plus/Plus
Query 1	ATTTTAGGACTTTCTATAAGAATAATTATTCGATTAGAATTAGGAAATCCTGGTTCTTTA	60		
Sbjct 1	ATTTTAGGACTTTCTATAAGAATAATTATTCGATTAGAATTAGGAAATCCTGGTTCTTTA	60		
Query 61	ATTGGAAATGATCAAATTTATAAATCCATTGTTACTACTCATGCATTTACAATAATTTTC	120		
Sbjct 61	ATTGGAAATGATCAAATTTATAAATCCATTGTTACTACTCATGCATTTACAATAATTTTC	120		
Query 121	TTTTTTGTTATACCAGTAATAATGGGGGGATTGGAAATTTTTTAATTCCTTTAATAATA	180		
Sbjct 121	TTTTTTGTTATACCAGTAATAATGGGGGGATTGGAAATTTTTTAATTCCTTTAATAATA	180		
Query 181	GGAGTTCCTGATATAGC - TTTCTCGAATAAATAATATAAGATTTTGATTATTACCTCCT	239		
Sbjct 181	GGAGTTCCTGATATAGCTTTTCTCGAATAAATAATATAAGATTTTGATTATTACCTCCT	240		
Query 240	AGGTTAATATTATTATTATCACGAATATTTATTGGTACAGGAACAGGAACGGGTTGAACA	299		
Sbjct 241	AGGTTAATATTATTATTATCACGAATATTTATTGGTACAGGAACAGGAACGGGTTGAACA	300		
Query 300	GTTTATCCTCCTCTTTCATCAAATTTAGGGCACTCTGGTCCATCAGTTGATTATCTATT	359		
Sbjct 301	GTTTATCCTCCTCTTTCATCAAATTTAGGGCACTCTGGTCCATCAGTTGATTATCTATT	360		
Query 360	TTTTCTTTACATATTGCTGGGGCTTCTCAATTATAGGtt-----attttataactaca	413		
Sbjct 361	TTTTCTTTACATATTGCTGGGGCTTCTCAATTATAGGTTCTATTAATTTTATTACTACA	420		
Query 414	attttaaatataaaaaatTTTTAAAATGAAAATGTTTCTCTTTTTCTGGGCAATATTA	473		
Sbjct 421	ATTTTAAATATAAAAAATTTTTAAAATGAAAATGTTTCTCTTTTTCTGGGCAATATTA	480		
Query 474	TTAACCTCAGCTTTATTATTATTATCTCTTCCTGTATTTGCGGGGGCAATTACTATATTA	533		
Sbjct 481	TTAACCTCAGCTTTATTATTATTATCTCTTCCTGTATTTGCGGGGGCAATTACTATATTA	540		
Query 534	TTATTTGATCGAAATTTAAATACTTctttttttGATCCTTCAGGTGGGGGTGATCCAATT	593		
Sbjct 541	TTATTTGATCGAAATTTAAATACTTCTTTTTTTGATCCTTCAGGTGGGGGTGATCCAATT	600		
Query 594	TTATATCAACATTTATT	610		
Sbjct 601	TTATATCAACATTTATT	617		

Figura 28. Alineaciones de *Euplectrus* sp. al aislar el gen Eupl1 de la subunidad I del citocromo c oxidasa (COX1), cds parciales; mitocondrial; ID de secuencia PP218061.1, con 98.87% de identidad.

Puntaje	Esperar	Identidades	Brechas	Hebra
1005 bits(544)	0.0	594/617(96%)	7/617(1%)	Más/Más
Consulta 1	ATTTTAGGACTTTCTATAAGAATAATTATTCGATTAGAAATTAGGAAATCCTGGTTCTTTA	60		
Sbjct 1	ATTTTAGGACTTTGTATAAGAATAATTATTCGATTAGAAATTAGGAAAATCCTGGTTCTTTA	60		
Consulta 61	ATTGGAAATGATCAAATTTATAAATCCATTGTTACTACTCATGCATTTACAATAATTTTC	120		
Sbjct 61	ATTGGAAATGATCAAATTTATAAATCCATTGTTACTACTCATGCATTTACAATAATTTTC	120		
Consulta 121	TTTTTTGTTATACCAGTAATAATGGGGGATTTGGAAATTTTTTAATTCCTTTAATAATA	180		
Sbjct 121	TTTTTTGTTATACCAGTAATAATAGGAGGATTTGGAAATTTTTTAATTCCTTTAATAATA	180		
Consulta 181	GGAGTTCCTGATATAGCTTT-CCTCGAATAAATAATATAAGATTTTGATTATTACCTCCT	239		
Sbjct 181	GGAGTTCCTGATATGGCTTTCCTCGAATAAATAATATAAGATTTTGATTATTACCTCCC	240		
Consulta 240	AGGTTAATATTATTATTATCACGAATATTTATTGGTACAGGAACAGGAACGGGTTGAACA	299		
Sbjct 241	AGGTTAATATTATTATTATCACGAATATTTATTGGGACGGGGACTGGAACGGGTTGAACA	300		
Consulta 300	GTTTATCCTCCTCTTTCATCAAATTTAGGGCACTCTGGTCCATCAGTTGATTTATCTATT	359		
Sbjct 301	GTTTATCCTCCTCTTTCATCAAATTTAGGGCATTCTGGTCCATCAGTTGATTTATCAATT	360		
Consulta 360	TTTTCTTTACATATTGCTGGGCTTCTCAATTATAGG tt-----atthttattactaca	413		
Sbjct 361	TTTTCTTTACATATTGCTGGGGCTTCTCAATTATAGGTTCTATTAATTTTATTACTACA	420		
Consulta 414	atthttaaatataaaaaatthtttaaaattgaaaatgtthttctctthtttt CTTGGGCAATATTA	473		
Sbjct 421	ATTTTAAATATAAAAATTTTAAAGATTGAAAATGTTTCACTTTTTTCTTGAGCAATAATTA	480		
Consulta 474	TTAACCTCAGCTTTATTATTATTATCTCTTCTGTATTTGCGGGGGCAATTACTATAATTA	533		
Sbjct 481	TTAACCTCAGCTTTATTATTATTATCTCTTCTGTATTTGCGGGGGCAATTACTATAATTA	540		
Consulta 534	TTATTTGATCGAAATTTAAATACTTC thttttt GATCCTTCAGGTGGGGGTGATCCAATT	593		
Sbjct 541	TTATTTGATCGAAATTTAAATACTTCTTTTTTTGATCCTTCTGGTGGGGGTGATCCAATT	600		
Consulta 594	TTATATCAACATTTATT	610		
Sbjct 601	TTATATCAACATTTATT	617		

Figura 29. Alineaciones de *Euplectrus* sp. aislar el gen Eupl2 de la subunidad I del citocromo c oxidasa (COX1), cds parciales; mitocondrial; ID de secuencia PP218062.1, con 96.27% de identidad.

	Descripción	Nombre científico	Maximo puntaje	Puntaje total	Cubierta de consulta	valor E	Por. Identidad	Acc. len	Adhesión
<input checked="" type="checkbox"/>	Euplectrus sp. aislar el gen Eupl1 de la subunidad 1 de la citocromo c oxidasa (COX1), cds parciales: mitoc...	Euplectrus sp.	1094	1094	100%	0.0	98,87%	618	PP218061.1
<input checked="" type="checkbox"/>	Euplectrus sp. aislar el gen Eupl2 de la subunidad 1 del citocromo c oxidasa (COX1), cds parciales: mitocon...	Euplectrus sp.	1005	1005	100%	0.0	96,27%	618	PP218062.1
<input checked="" type="checkbox"/>	Eulophidaesp. NEGRITA: vale ACB0520 BIOUG03517-B05 gen de la subunidad 1 de la citocromo oxidasa (...Eulophidaesp. N...	Eulophidaesp. N...	989	989	100%	0.0	95,79%	652	KJ091835.1
<input checked="" type="checkbox"/>	Eulophidaesp. NEGRITA: vale AAG8254 BIOUG03368-E08 gen de la subunidad 1 de la citocromo oxidasa ...	Eulophidaesp. N...	961	961	100%	0.0	94,98%	652	KJ092087.1
<input checked="" type="checkbox"/>	Eulophidaesp. BOLD:AAG8254 vale BIOUG<CAN>:09BBHYM-699 gen de la subunidad 1 de la citocromo ...	Eulophidaesp. N...	928	928	100%	0.0	93,90%	658	HM423358.1
<input checked="" type="checkbox"/>	Bono de Euplectrus jacklinginoi DHJPAR0038578 gen de la subunidad 1 de la citocromo oxidasa (COI), cd...	Euplectrus jackl...	800	800	100%	0.0	90,28%	618	KP150315.1
<input checked="" type="checkbox"/>	Bono de Euplectrus jacklinginoi DHJPAR0038572 gen de la subunidad 1 de la citocromo oxidasa (COI), cd...	Euplectrus jackl...	795	795	100%	0.0	90,11%	626	KP150340.1
<input checked="" type="checkbox"/>	Vale de Euplectrus jacklinginoi DHJPAR0038570 gen de la subunidad 1 de la citocromo oxidasa (COI), cds...	Euplectrus jackl...	795	795	100%	0.0	90,11%	618	KP150327.1
<input checked="" type="checkbox"/>	Bono de Euplectrus jacklinginoi DHJPAR0051503 gen de la subunidad 1 de la citocromo oxidasa (COI), cd...	Euplectrus jackl...	795	795	100%	0.0	90,11%	652	KP150314.1
<input checked="" type="checkbox"/>	Euplectrus sp. Gen de la subunidad 1 (COI) de la citocromo oxidasa Hansson18. cds parciales: mitocondrial	Euplectrus sp. H...	795	795	100%	0.0	90,13%	652	JQ575783.1
<input checked="" type="checkbox"/>	Bono de Euplectrus jacklinginoi DHJPAR0038569 gen de la subunidad 1 de la citocromo oxidasa (COI), cd...	Euplectrus jackl...	793	793	99%	0.0	90,10%	617	KP150351.1
<input checked="" type="checkbox"/>	Bono de Euplectrus jacklinginoi DHJPAR0038187 gen de la subunidad 1 de la citocromo oxidasa (COI), cd...	Euplectrus jackl...	787	787	100%	0.0	89,79%	652	KP150382.1
<input checked="" type="checkbox"/>	Vale de Euplectrus bicolor BC-ZSM-HYM-27770-H01 gen de la subunidad 1 de la citocromo oxidasa (COI),...	Euplectro bicolor	784	784	100%	0.0	89,79%	652	MH587985.1

Figura 30. Descripciones de Blast de los códigos PP218061.1 y PP218062.1

5. CONCLUSIÓN

Los resultados de este estudio destacan la capacidad de *Euplectrus* sp. para establecerse y reproducirse exitosamente bajo condiciones de laboratorio, utilizando espigas de maíz como fuente alimenticia para los hospederos de *S. frugiperda*. Este enfoque permitió un desarrollo óptimo de las larvas en la obtención de una cantidad significativa de avispas adultas, demostrando la viabilidad de mantener una colonia experimental. Se determinó que la exposición de *Euplectrus* sp.+ a diferentes fuentes de carbono tienen un impacto significativo en la longevidad de las avispas, siendo la miel de abeja la fuente más eficaz. Se generó material de divulgación en evidencia digital que permitirá observar las diferentes etapas de desarrollo de *Euplectrus* sp.

La identificación molecular basada en la secuenciación del gen citocromo oxidasa (COI) mostró una alta coincidencia con las secuenciaciones disponibles en GenBank, confirmando la identidad del género *Euplectrus*, sin embargo las diferencias observadas tanto morfológicas como genéticas sugieren la posibilidad de que se trate de una nueva especie, lo que podría tener implicaciones importantes para futuras investigaciones y aplicaciones como agente de control biológico específico y eficaz contra *S. frugiperda*.



Ilustración 31. Superparasitismo de *Euplectrus* sp. sobre larva de *S. frugiperda*.

6. LITERATURA CITADA

- Angulo-Morales, J y Baron-Negrete, F (2000). Manejo del Gusano cogollero del maíz utilizando extractos de plantas, 8-13. <http://www.turipana.org>
- ASERCA, 2018. Datos sobre cobertura del Maíz 2018. <https://www.agricultura.gob.mx/aserca/datos-2018>
- Bautista, M. N (2006). Insectos plaga. Una guía ilustrada para su identificación. Colegio de Postgraduados. Montecillo, estado de México.
- Bautista, M. N., Morales, G. O (2016). El gusano cogollero (*Spodoptera frugiperda*). Una plaga de importancia. Agrosíntesis. <http://agrosintesis.com/una-plaga-de-granimportancia/>
- Borquez-Castro, M. J (1978). Evaluación de pérdidas en maíz por gusano cogollero (*Spodoptera frugiperda* J.E. Smith) y de diferentes insecticidas para su control, en los Belenes, Zapopán, Jalisco. Tesis para obtener el título de Ingeniero Agrónomo. Universidad de Guadalajara. Guadalajara, Jalisco. 66 p.
- Capinera, J. (2020). Fall armyworm. *Spodoptera frugiperda* (J.E. Smith) (Insecta: Lepidoptera: Noctuidae). Entomology and Nematology. University of Florida. Publication Number: Dirección General de Sanidad Vegetal Centro Nacional de Referencia Fitosanitaria 19 eeny-98. DOI: doi.org/10.32473/edis-in255-2000. http://entnemdept.ufl.edu/creatures/field/fall_armyworm.htm
- Casmuz, A., Juárez, M. L., Socías, M. G., Murúa, M. G., Prieto, S., Medina, S., Willink, E & Gastaminza, G (2010). Revisión de los hospederos del gusano cogollero del maíz, *Spodoptera frugiperda* (Lepidoptera: Noctuidae). *Revista de la Sociedad Entomológica Argentina*, 693-4): 209-231. <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=322028487010>
- Cieri-Enzo, G. (2017). Nueva alternativa para el control biológico de *Spodoptera frugiperda* en maíz con el hongo endófito *Beauveria bassiana*. [Fragmento de Tesis de titulación: Ingeniero Agrónomo en Ciencias Agrarias y forestales]. Universidad

Nacional de La Plata. <http://sedici.unlp.edu.ar/handle/10915/61407>

CNRF & DGSV (2021). Gusano cogollero *Spodoptera frugiperda* (J.E. Smith) (Lepidoptera: Noctuidae). *Ficha técnica*.

https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/635234/Gusano_cogollero_en_maiz_y_arroz.pdf

CONAHCYT (2019). Inecol.Mx. El gusano cogollero una plaga que viaja por el mundo.

<https://www.inecol.mx/inecol/index.php/es/ct-menu-item-25/ct-menu-item-27/17-ciencia-hoy/1194-el-gusano-cogollero-del-maiz-una-plaga-que-viaja-por-el-mundo>

CONHACYT (2029). Maíz. <https://www.inecol.mx/inecol/index.php/es/ct-menu-item-25/ct-menu-item-27/17-ciencia-hoy/1194-el-gusano-cogollero-del-maiz-una-plaga-que-viaja-por-el-mundo>

<https://www.inecol.mx/inecol/index.php/es/ct-menu-item-25/ct-menu-item-27/17-ciencia-hoy/1194-el-gusano-cogollero-del-maiz-una-plaga-que-viaja-por-el-mundo>

Corona-Blanco, J. M., Estrada- Drouaillet, B., López-Santilla, J. A., Ruíz-Cancino, E., Salas-Ariza, M. D. & Serrano-Domingue, A. K. (2001). *Euplectrus platyhypenae* Howard, 1885 (Hymenoptera: Eulophidae) en el control biológico de plagas. *Boletín de la sociedad mexicana de entomología*. Bol. Soc. Mex. Entomol. (n. s.) 5(2): 50-56. ISSN: 2448-4768.

Coronado-Blanco, E. Ruíz-Cancino, M.D. Salas-Araiza, J.A. López-Santillán y B. Estrada-Drouaillet. (2019). Avispas parasitoides del gusano cogollero, en el estado de Tamaulipas, México. *Boletín de la Sociedad Mexicana de Entomología* (n.s.). 5(1): 1-3.

Doebley, J. & Iltis, H. H (1980). Taxonomy of *Zea* (Gramineae). I. A subgeneric classification with key to taxa. *American Journal of Botany*. 67(6): 982-993. <https://doi.org/10.2307/2442441>

Ecured (2011). *Euplectrus platyhypenae* Howard. Ecured.cu. https://www.ecured.cu/Euplectrus_platypenae_Howard#Biolog.C3.ADa_de_Euplectrus_plathypenae_sobre_larva_de_Spodoptera_spp

Estrada Martínez, M.E. (2022). Principales insectos plaga del maíz (*Zea mays*, L.) en Ecuador. *Revista Científica Agroecosistemas*, 10(3), 182-191.

<https://aes.ucf.edu.cu/index.php/aes>.

- Fernández, R. C (1995). Control biológico del gusano cogollero del maíz (*Spodoptera frugiperda* J.E Smith) mediante *Trichogramma* SP. Y *Bacillus Struringiensis* Berliner. Tesis profesional de licenciatura, Villaflores, Chiapas, México, Pp. 3-7.
- Font, E (2001). Antisépticos y desinfectantes. *Offarm*. 20(2): 55-64.
- Gimeno, J (2012). El mejor método de germinación, en busca del 100%. *Ecomaria*. [En línea]. <https://ecomaria.com/blog/mejor-forma-germinar-semillas/>
- Gonzales-Cortez, N., Silos-Espino, H., Carlos, J., Chávez-Muñoz, J, A., Tejero-Jiménez, L. (2016). Características y propiedades del maíz (*Zea mays* L.) criollo cultivado en Aguascalientes, México. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 7(3),669–680. https://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2007-09342016000300669
- Gutiérrez, M. A (1984). Factores interferentes en la captura de *Spodoptera frugiperda* (*Smith*) (Lepidoptera: Noctuidae) probando dos tipos de trampas de feromonas (z)-9-dodecen-1-ol-acetato. Tesis profesional de licenciatura. Villaflores, Chiapas, México, Pp.3-8.
- Hardke, J. T., Lorenz, G. M & Leonard R (2015). Fall armyworm (Lepidoptera: Noctuidae) ecology in Southeastern cotton. *Journal of Integrated Pest Management*. 6(1): 10. DOI: 10.1093/jipm/pmv009
- Ikner, L (2022). Técnica aséptica en ciencias ambientales. JoVE Science Education Database. *Microbiología Ambiental*. <https://www.jove.com/es/v/10040/aseptic-technique-in-environmental-science?language=Spanish>.
- Intagri (2014). Intagri.Com. *Beauveria bassiana* el control biológico de patógenos <https://www.intagri.com/articulos/fitosanidad/beauveria-bassiana-en-el-control-biologico-de-patogenos>
- Lezaun, J. (2014). Oruga militar o Gusano cogollero un problema para los cultivos de maíz y sorgo. *CropLife*. <https://www.croplifela.org/es/plagas/listado-de-plagas/gusano-cogollero>

- Mena-Covarruvias J. 2008. Una estrategia de manejo para el gusano cogollero del maíz, *Spodoptera frugiperda*. Centro de Investigación Regional Norte Centro, INIFAP. http://www.inifapnortecentro.gob.mx/files/noticias/gusano_cogollero.pdf.
- México. Boletín de la Sociedad Mexicana de Entomología (2021). 5(1): 1-3.
- Murúa, G. & Virla E. G. (2009). Contribution to the biological knowledge of *Euplectrus platypenae* (Hymenoptera: Eulophidae) in Argentina. *Folia Entomológica Mexicana*. 43 (2): 171-180. ISSN: 0430-8603.
- Nakamatsu, Y. & Tanaka, T. (2003). Desarrollo de un ectoparasitoide gregario, *Euplectrus separatae* (Hymenoptera; Hymenoptera: Eulophidae), que parasitaseudodalecia separado (Lepidópteros: Noctuidae). *ElSevier. Desarrollo de estructura de artrópodos*. 32(4) 329–336. doi: 10.1016/j.asd.2003.08.001. PMID: 18089016
- NaturalistE (2018). Maíz (*Zea mays*). [https://ecuador.inaturalist.org/taxa/48448-Zea mays#Estad%C3%ADsticas_econ%C3%B3micas](https://ecuador.inaturalist.org/taxa/48448-Zea_mays#Estad%C3%ADsticas_econ%C3%B3micas).
- Notz, A. (1973). Estudio preliminar de *Spodoptera frugiperda* (Smith), (Lepidoptera: Noctuidae) en el estado Portugués, Venezuela. Trabajo de Ascenso a Asistente. Fac. Agronomía, Universidad Central de Venezuela, Maracay, Pp. 58
- Pinzón-Gutiérrez, Y. A., Bustamante, S. L. & Buitrago, G (2009). Evaluación de métodos para la conservación de hongos fitopatógenos del ñame (*Dioscorea* sp). *Revista colombiana de Biotecnología (SciELO)*. 11(2). ISSN 0123-3475. http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0123-34752009000200002
- Reyes, C. (2017). Gusano cogollero - *Spodoptera frugiperda*. PANORAMAagro.com. <https://panorama-agro.com/?p=505>
- Ruiz-Corral, J. A., Bravo-Mosqueda, E., Ramírez-Ojeda, G., Baéz-Gozález, A. D., Álvarez-Cilva, M., Ramos-González, J. L., Nava-Cmaberos, U. & Byerly-Murphy, K. F. (2013). Plagas de importancia económica en México: aspectos de su biología y ecología. *inifap*. 1(2)
- SADER (2020). ¿Cuáles son las plagas que afectan al maíz? [En línea]. <https://www.gob.mx/agricultura/articulos/cuales-son-las-plagas-que-afectan-al->

[maiz?idiom=es](#)

Wu, P., Wu, F., Fan, J., & Zhang, R (2021). Potential economic impact of invasive fall armyworm on mainly affected crops in China. *Journal of Pest Science*. 1- 9.

Yanqui-Díaz, F., Alarcón-Camacho, J., Carrasco-Hustua, H., Caballero-Ramírez, S. C., Saune-Carrasco, B. D y Chávez-Bocanegra, D. E. (2022). Umbral de tratamiento del gusano cogollero (*Spodoptera frugiperda*) en el cultivo del Maíz amiláceo (*Zea mays* L. ssp amiláceo). *Manglar*, 19(3), 291-297. <https://dx.doi.org.10.17268./manglar.2022.037>

7. ANEXOS



Anexo 32. Daño por larvas de *S. frugiperda* en hojas de maíz.



Anexo 33. Larva de *S. frugiperda*.



Anexo 34. Muestreo en campo para obtención de larvas con y sin presencia de parasitismo por *Euplectrus* sp.



Anexo 35. Parcela de maíz establecida en la UAAAN.