



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE BABAHOYO
FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS
ESCUELA DE AGRICULTURA, SILVICULTURA, PESCA Y
VETERINARIA

CARRERA DE AGRONOMÍA

TRABAJO DE TITULACIÓN

Componente práctico del Examen de carácter Complexivo,
presentado al H. Consejo Directivo de la Facultad, como requisito
previo para obtener el título de:

INGENIERO AGRÓNOMO

TEMA:

Aspectos biológicos de especies de *Trichogramma* como agente de
control biológico del gusano cogollero del maíz (*Spodoptera*
frugiperda).

AUTOR:

Anthony Daniel Najera Ulloa

TUTOR:

Ing. Agr. Oscar Mora Castro, MBA.

Babahoyo – Los Ríos – Ecuador

2024

RESUMEN

Las especies del género *Trichogramma* reconocidas como parasitoides de *S. frugiperda*, se caracterizan por ser micro avispas 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; la importancia de estas avispitas es que parasitan huevos de *S. frugiperda*; especialmente la especie con mayor frecuencia reportada es *T. pretiosum*. La presente investigación se desarrolló como componente no experimental de carácter bibliográfico, mediante una técnica de análisis, síntesis y resumen de la información obtenida. Por lo anteriormente detallado se determinó que el parasitoide *Trichogramma* sp. es el insecto más importante para el control de *S. frugiperda* en el cultivo de maíz; su importancia radica en su fácil distribución a gran escala y fácil liberación al aire libre. *Trichogramma* sp., se caracteriza por una avispa microscópica, de 0,5 a 0,8 mm de largo, con marcas parciales en la cara dorsal del fémur y metasomas oscuros en el tercio apical; los machos son de color más oscuro, sus antenas son largas, delgadas y borrosas; la hembra es de color más claro y tiene antenas más cortas y gruesas. *Trichogramma* sp. es una avispa parásita de vida corta; en las primeras 24 horas después de la puesta de los huevos, estos eclosionan dentro de su huésped, se convierten en larvas y se alimentan en estado larvario durante 5 días, pupan durante 2 días y luego estarán en su estado final lejos del huésped. Densidades de 100000 individuos/ha y 200000 individuos/ha de *Trichogramma* sp. respectivamente, pueden lograr porcentajes de parasitismo de 75.4 % y 84.5 % valores considerados altos; en donde algunos autores consideran que la dosis optima es aquella cuya densidad logre un rango de 60 a 90 % de parasitismo sobre huevos de *S. frugiperda*. Las tres especies de parasitoides *T. atopovirilia*, *T. exiguum* y *T. pretiosum* poseen un alto porcentaje de parasitismo entre 80 y 85 % sobre huevos de *S. frugiperda* en el cultivo de maíz.

Palabras claves: Parasitoides, huevos, plaga, control, eficiencia.

SUMMARY

The species of the genus *Trichogramma*, recognized as parasitoids of *S. frugiperda*, are characterized by being micro wasps because they have an orange-yellow to blackish body color, their body length is 0.5 mm, the females have simple nail-shaped antennae and the males feathery antennae; The importance of these wasps is that they parasitize *S. frugiperda* eggs; especially the most frequently reported species is *T. pretiosum*. This research was developed as a non-experimental component of a bibliographic nature, through a technique of analysis, synthesis and summary of the information obtained. Based on the above, it was determined that the parasitoid *Trichogramma* sp. It is the most important insect for the control of *S. frugiperda* in corn crops; Its importance lies in its easy large-scale distribution and easy release into the open air. *Trichogramma* sp., is characterized by a microscopic wasp, 0.5 to 0.8 mm long, with partial markings on the dorsal side of the femur and dark metasomes on the apical third; the males are darker in color, their antennae are long, thin and fuzzy; the female is lighter in color and has shorter and thicker antennae. *Trichogramma* sp. It is a short-lived parasitic wasp; In the first 24 hours after the eggs are laid, they hatch inside their host, become larvae and feed in the larval state for 5 days, pupate for 2 days and then they will be in their final state away from the host. Densities of 100,000 individuals/ha and 200,000 individuals/ha of *Trichogramma* sp. respectively, they can achieve parasitism percentages of 75.4% and 84.5%, values considered high; where some authors consider that the optimal dose is one whose density achieves a range of 60 to 90% parasitism on *S. frugiperda* eggs. The three parasitoid species *T. atopovirilia*, *T. exiguum* and *T. pretiosum* have a high percentage of parasitism between 80 and 85% on *S. frugiperda* eggs in corn crops.

Keywords: Parasitoids, eggs, pest, control, efficiency.

ÍNDICE DE CONTENIDO

RESUMEN.....	II
SUMMARY.....	III
ÍNDICE DE FIGURAS	VI
1. CONTEXTUALIZACIÓN.....	1
1.1. INTRODUCCIÓN.....	1
1.2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	2
1.3. JUSTIFICACIÓN.....	3
1.4. OBJETIVOS.....	3
1.4.1. Objetivo general	3
1.4.2. Objetivos específicos	3
1.5. LINEA DE INVESTIGACIÓN	3
2. DESARROLLO	5
2.1. MARCO CONCEPTUAL.....	5
2.1.1. Importancia del cultivo de maíz	5
2.1.2. Control biológico de insectos plagas	5
2.1.3. Características generales de la familia Trichogrammatidae	7
2.1.3.1. Descripción de los estados de desarrollo.....	7
2.1.4. Clasificación taxonómica de <i>Trichogramma</i> sp.....	8
2.1.4.1. Características morfológicas de <i>Trichogramma</i> sp.....	8
2.1.4.2. Ciclo biológico de <i>Trichogramma</i> sp.	9
2.1.4.3. Hábitos predatorios de <i>Trichogramma</i> sp.	9
2.1.4.4. Estrategia de ataque de <i>Trichogramma</i> sp.	10
2.1.5. <i>Spodoptera frugiperda</i>	11
2.1.5.1. Origen y distribución	11
2.1.5.2. Hospedantes.....	11
2.1.5.3. Clasificación taxonómica	12
2.1.5.4. Descripción y ciclo de vida	12

2.1.5.5. Daños.....	14
2.1.6. Control biológico de <i>Trichogramma</i> sp. sobre el gusano cogollero del maíz (<i>S. frugiperda</i>).	14
2.2. METODOLOGÍA	17
2.3. RESULTADOS	18
2.4. DISCUSIÓN DE REULTADOS	19
3. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	20
3.1. CONCLUSIONES.....	20
3.2. RECOMENDACIONES	21
4. REFERENCIAS Y ANEXOS.....	22
4.1. REFERENCIAS	22
4.2. ANEXOS.....	29

ÍNDICE DE FIGURAS

	Pag.
Figura 1. Morfología de <i>Trichogramma</i> sp., hembra (a la izquierda) y macho (a la derecha).....	29
Figura 2. Ciclo biológico de <i>Trichogramma</i>	29
Figura 3. Coloración oscura y orificios característicos de huevos parasitados por <i>Trichogramma</i>	30
Figura 4. Oviposición de <i>Trichogramma</i> en el huevo de <i>S. frugiperda</i>	30

1. CONTEXTUALIZACIÓN

1.1. INTRODUCCIÓN

El maíz (*Zea mays* L.) es un cultivo de mucha importancia económica en nuestro país, se lo siembra tanto en la costa como en la sierra, bajo diferentes condiciones ambientales de temperatura, humedad, régimen de lluvias, luminosidad y suelos; el rendimiento promedio del maíz en el litoral ecuatoriano es bajo, debido principalmente al empleo de un deficiente manejo tecnológico, pues existen híbridos cuyo rendimiento puede superar en el orden del 30 al 60 %, en comparación a los rendimientos obtenidos por las variedades cuando se lo siembra con tecnología (Hernández *et al.* 2020).

El maíz es un cultivo que presenta varios problemas fitosanitarios dentro su producción, en la cual las malezas, enfermedades e insectos plagas, representan un problema para el cultivo, considerando este último debido al daño que ocasionan provocando pérdidas en los rendimientos de 30 %; estos se presentan desde el establecimiento del cultivo hasta el almacenamiento del grano (Hernández *et al.* 2020).

En el maíz *Spodoptera frugiperda* exhibe hábitos de gusano cogollero, trozador y masticador de los granos de la mazorca; cuando el tiempo es seco, sus poblaciones son muy altas, con infestaciones tempranas que se inician desde la emergencia de las plántulas, presentándose de dos a tres generaciones como gusano cogollero, desde la emergencia hasta la etapa previa a floración (Paliz 2020).

El "daño fresco" del cogollero del maíz se determina revisando la última hoja formada y sobre ella los signos y síntomas del daño fresco; cuando la plaga supera el 40 % de daño fresco, debe hacerse una regulación de sus poblaciones, especialmente si el tiempo es seco y el cultivo se encuentra en su primera etapa de desarrollo, impidiendo que las larvas grandes salgan del cogollo y bajen a actuar como perforadoras del tallo y trozadores (Ramos *et al.* 2022).

S. frugiperda es una plaga regulada biológicamente por diversas especies de parasitoides, depredadores y entomopatógenos las cuales, en forma natural, reducen más del 50 % de la población de larvas y pupas; esta importante fauna benéfica inicia su colonización al cultivo desde época muy temprana, incrementando sus poblaciones paralelamente con la infestación de la plaga (Sánchez y Vélez 2021).

La tecnología de control biológico inducido de *S. frugiperda* en maíz se basa en el parasitismo causado en huevos de la plaga a través de liberaciones inundativas de las tres especies de parasitoides de huevos tales como: *Trichogramma atopivirilia*, *Trichogramma exiguum* y *Trichogramma pretiosum* (Beltrán et al. 2020).

Las especies del género *Trichogramma* reconocidas como parasitoides de *S. frugiperda*, se caracterizan por ser micro avispas 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; la importancia de estas avispitas es que parasitan huevos de *S. frugiperda*; especialmente la especie con mayor frecuencia reportada es *T. pretiosum* (Bertorelli y Rengifo 2020).

Por lo expuesto fue necesario recopilar y sintetizar información referente a los aspectos biológicos de especies de *Trichogramma* como agente de control biológico del gusano cogollero del maíz (*S. frugiperda*).

1.2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Los problemas de contaminación por el control químico con insecticidas de amplio espectro sobre *S. frugiperda* ha provocado efectos negativos en el medio ambiente, como la eliminación de los enemigos naturales, intoxicación en la salud humana y resistencia en plagas; siendo utilizados los carbamatos y piretroides para el control de *S. frugiperda*, donde su aplicación es de uso irracional, debido a que no consideran los niveles de infestación en el cultivo de maíz.

El uso de la tecnología del control biológico con especies de *Trichogramma* sobre *S. frugiperda* como plaga del maíz, en forma independiente con efectos físicos como el tiempo lluvioso, la aplicación de riego y el potencial de fauna benéfica natural, depende de la intensidad de infestación en cada ecosistema y de los factores climáticos y estado fenológicos de las plantas.

1.3. JUSTIFICACIÓN

El reconocimiento de los agentes de control biológico, su evaluación y aprovechamiento es parte fundamental de la estrategia de manejo del gusano cogollero del maíz; es necesario cuantificar este control biológico y permitir su incremento, lo cual siempre ocurre en aquellos ecosistemas no contaminados donde se utilizan técnicas altamente selectivas a la fauna benéfica.

Es crucial conocer los aspectos biológicos de especies de *Trichogramma*, con la finalidad de establecer un sistema integrado de control biológico sobre el gusano cogollero del maíz (*S. frugiperda*), con la finalidad de aumentar los niveles poblacionales del agente benéfico y reducir los niveles de daños provocados por el insecto plaga.

1.4. OBJETIVOS

1.4.1. Objetivo general

Describir los aspectos biológicos de especies de *Trichogramma* como agente de control biológico del gusano cogollero del maíz (*S. frugiperda*).

1.4.2. Objetivos específicos

- Sintetizar las características morfológicas y biológicas de *Trichogramma*.
- Detallar el control biológico de *Trichogramma* sobre el gusano cogollero del maíz (*S. frugiperda*).

1.5. LINEA DE INVESTIGACIÓN

La presente investigación está enfocada dentro de los dominios de la Universidad Técnica de Babahoyo de: Recursos agropecuarios, Medio ambiente y

Biodiversidad. La temática de la presente investigación es “Aspectos biológicos de especies de *Trichogramma* como agente de control biológico del gusano cogollero del maíz (*S. frugiperda*)”, el mismo que se encuentra enfocado en la línea de investigación: Desarrollo agropecuario, agroindustrial sostenible y sustentable y en la sublínea de: Agricultura sostenible y sustentable.

2. DESARROLLO

2.1. MARCO CONCEPTUAL

2.1.1. Importancia del cultivo de maíz

El maíz fue el alimento básico de las civilizaciones maya, azteca e inca; las teorías genéticas sobre el origen del maíz varían, pero parece bastante claro que se originó como una planta cultivada en algún lugar de Mesoamérica; desde su centro de origen, el maíz se extendió por casi toda América, y tras su descubrimiento, también a otras partes del mundo; en condiciones climáticas normales, es uno de los cultivos más importantes en la actualidad (Ramos *et al.* 2022).

El cultivo del maíz está catalogado como una de las gramíneas más importantes en la agricultura, nutrición humana y animal del Ecuador. En 2017, con una gestión nutricional adecuada, la producción mundial de esta gramínea aumentó 33 millones de toneladas con un total de 601 millones de toneladas (Sánchez y Vélez 2021).

El maíz es la gramínea más cultivada en el mundo, y su cultivo está vinculado a todos los aspectos económicos, sociales y culturales de América Latina. En 2022, el área de plantaciones de maíz ecuatoriano fue de 341.300 hectáreas con un rendimiento de 1.358.626 toneladas y un rendimiento promedio de 3,8 t ha⁻¹, pero el área aumentó un 5,7 % y el rendimiento disminuyó un 7 % respecto al año anterior (MAG 2022).

2.1.2. Control biológico de insectos plagas

Diez y Celso (2019) expresa que el control biológico de plagas consiste en utilizar enemigos naturales y microorganismos para controlar sus poblaciones; consiste en utilizar uno o más organismos para reducir la densidad de una planta o animal que causa daño al ser humano; por lo tanto, el control biológico se puede definir como un uso favorable de los seres que causan plagas.

De los casi un millón descritos, se consideran menos de 1000 tipos como insectos plagas en el mundo; esto significa que las medidas de control proporcionan cultivo; en esencia, estas medidas incluyen el uso de productos químicos; estos productos químicos han hecho una contribución importante a los recursos naturales, la contaminación ambiental y la toxicidad de los usuarios (Sánchez y Vélez 2021).

Los mismos autores afirman que si se desea rotar la tendencia a usar productos químicos sintéticos, es necesario aplicar otros métodos de control amplios como el biológico que pueden resolver muchos problemas de plagas sin utilizar productos químicos generalizados que causan interrupción y contaminación ambiental.

Cuando se usa en forma adecuada un programa de Control Biológico, este es efectivo y económico, y no ocasiona aumento de las plagas de niveles inferiores a niveles superiores; no incrementa la contaminación ambiental ni deja residuos en el medio; no presenta una amenaza a los trabajadores que manejan los materiales biológicos, ni a los consumidores de los productos alimenticios; hoy día, cada vez más, aumenta la demanda de productos alimenticios libres de residuos de insecticidas, sobre todo en los países desarrollados, por lo que el uso de agentes de Control Biológico es una alternativa idónea para producir alimentos con estas características (Paliz 2020).

Pison *et al.* (2022) manifiesta que el control biológico de plagas tiene varias ventajas, ya que la estrategia se centrará en un evento específico. También se puede añadir que es uno de los métodos de control de plagas más baratos, seguros y eficaces. Así como existen diferentes plagas de cultivos, también existen diferentes métodos de control biológico, divididos en tres categorías: clásico, mejorado y conservador:

- El enfoque clásico: es introducir enemigos naturales en un nuevo entorno, permitiéndoles colonizar y controlar continuamente la plaga a lo largo del tiempo. Este enfoque es particularmente útil en situaciones donde una

especie ha colonizado un área fuera de su área de distribución original y los enemigos naturales que normalmente controlan la especie no están presentes (Diez y Celso 2019).

- El objetivo inmediato de la mejora: es aumentar el número de enemigos naturales en la zona afectada, aunque en cantidades tan pequeñas que no se pueda lograr un control eficaz; otro objetivo de la estrategia es liberar periódicamente a los enemigos naturales que no se encuentran en la zona afectada porque no pueden colonizar permanentemente; un aumento de la población o de las emisiones se puede lograr de dos maneras: liberaciones inundativas o inoculativas (Nagarkatti y Nagaraja 2019).
- Conservativo: tiene como objetivo implementar diversas medidas para proteger, aumentar el número de enemigos naturales presentes en la zona y mejorar su comportamiento; para ello, es importante identificar los factores que limitan la abundancia de enemigos naturales o afectan negativamente su comportamiento regulatorio para que los hábitats puedan manipularse en consecuencia (Haro 2018).

2.1.3. Características generales de la familia Trichogrammatidae

2.1.3.1. Descripción de los estados de desarrollo

Los parasitoides son insectos que sobreviven a expensas de otros organismos, es decir, desde el estado larvario se desarrollan en el interior del huésped, donde se alimentan hasta matar la plaga que combaten; no se alimenta del huésped durante las dos últimas etapas, es decir, la etapa de pupa y la etapa adulta, donde se alimentará de agua y néctar; de adulto, además de alimentarse, buscará otro huésped para poner huevos, repitiendo así el ciclo (Hernández *et al.* 2019)

Existen más de 30.000 especies de avispas parásitas, de las cuales podemos encontrar dos grupos principales; los parásitos PDV (virus simbióticos o virus poliADN) ponen huevos en las larvas de la plaga, donde se desarrollan, se alimentan y secretan partículas virales, provocando la muerte del huésped; la segunda categoría sin PDV, entre la que encontramos *Trichogramma* sp., se

caracteriza por depositar huevos en huevos de plaga, donde se desarrollarán y completarán todo su estado dentro del huésped (Morales *et al.* 2019).

Trichogramma sp., miembro del orden Hymenoptera, es una de las avispas pequeñas más utilizadas para el control biológico; debido a su alta tasa de parasitismo, ciclo de vida corto y fuerte capacidad de oviposición, su uso ha aumentado. Los principales países donde se producen masivamente estas avispas parásitas son América del Norte, Francia, Brasil y Venezuela (Beltrán 2021).

2.1.4. Clasificación taxonómica de *Trichogramma* sp.

Morales *et al.* (2019) describe que la clasificación taxonómica de *Trichogramma* sp. es la siguiente:

- **Reino:** Animalia
- **Filo:** Arthropoda
- **Orden:** Hymenoptera
- **Suborden:** Apocrita
- **Superfamilia:** Chalcidoidea
- **Familia:** Trichogrammatidae
- **Género:** *Trichogramma*

2.1.4.1. Características morfológicas de *Trichogramma* sp.

El insecto beneficioso más importante para el control de lepidópteros es la avispa *Trichogramma* sp.; su importancia radica en su fácil distribución a gran escala y fácil liberación al aire libre; se caracteriza, entre otras cosas, por una avispa microscópica, de 0,5 a 0,8 mm de largo, con marcas parciales en la cara dorsal del fémur y metasomas oscuros en el tercio apical; los machos son de color más oscuro; sus antenas son largas, delgadas y borrosas; la hembra es de color más claro y tiene antenas más cortas y gruesas (Velásquez y Terán 2021).

Parra y Zucchi (2019) expresa que una de las principales características morfológicas de la hembra de este género son sus dos formas reproductivas, las cuales son:

- **Reproducción disexual:** la hembra pone entre 20 y 120 huevos de reproducción secundaria (macho y hembra). Cuando una hembra pone huevos por primera vez, sólo da a luz a crías masculinas.
- **Modo de reproducción unisexual:** en este caso, la descendencia femenina es inducida por bacterias del género *Wolbachia* o criadas en el laboratorio.

2.1.4.2. Ciclo biológico de *Trichogramma* sp.

Mediante un estudio realizado por Brower (2020) en condiciones de laboratorio las siguientes avispas parásitas: *T. atopovirilia*, *T. oatman* y *T. platner*; se demostró que el tiempo de incubación de los huevos de este parasitoide en el huésped es de 0 a 24 horas y el número de crías llega al 58 %, porcentaje que aumenta al 91 % al cuarto día; los experimentos muestran que el tiempo promedio de desarrollo desde el huevo hasta el adulto es de 8 a 9,5 días, y se ha observado que las hembras viven más que los machos, con una diferencia de 3 a 7 días.

Trichogramma sp. es una avispa parásita de vida corta; en las primeras 24 horas después de la puesta de los huevos, estos eclosionan dentro de su huésped, se convierten en larvas y se alimentan en estado larvario durante 5 días, pupan durante 2 días y luego estarán en su estado final lejos del huésped (Diaz 2019).

2.1.4.3. Hábitos predatorios de *Trichogramma* sp.

La hembra del género *Trichogramma* sp. se encarga de parasitar los huevos del huésped; de dos a cuatro días después de ser parasitados, los huevos comenzarán a verse oscuros, casi negros, y al octavo día comenzarán a desarrollarse hasta convertirse en adultos, dejando agujeros muy distintivos en el corion; así, continúa su actividad parasitaria con los huevos de otras plagas (García y Piqueras 2020).

La hembra de esta especie pone huevos en los huevos de la plaga, de modo que todo el desarrollo se produce en los huevos; la fertilidad femenina depende de

la alimentación, la temperatura ambiental; consideremos una hembra fértil cuando pone entre 30 y 120 huevos (Witting 2018).

2.1.4.4. Estrategia de ataque de *Trichogramma* sp.

Haile (2020) expresa que, para lograr mejores resultados al liberar dichos parasitoides, se deben considerar los siguientes puntos:

- Los agentes entomófagos tienen desarrollo fototrópico positivo, lo que significa que su máxima actividad ocurre durante el día.
- La eficacia puede verse afectada por las condiciones climáticas locales. Las investigaciones muestran que, si la velocidad del viento supera los 3,6 m/seg, afecta significativamente la tasa de dispersión de las hembras.
- Las tasas de dispersión también se ven afectadas por temperaturas inferiores a 20 °C, lo que reduce la dispersión y la mortalidad en los machos que son sensibles a cambios severos de temperatura.
- Para mejorar la eficacia, reduzca el uso de pesticidas químicos o, si se aplica es importante esperar de 3 a 4 días después de aplicarlos.

El momento ideal para liberar insectívoros es cuando se observa por primera vez a las plagas poniendo huevos o adultos en el campo; una vez encontrada la plaga en el campo, se realiza la primera suelta semanal y en base al comportamiento de la plaga se determinan los mejores intervalos y dosis para el cultivo; por este motivo, es muy necesario realizar una adecuada evaluación antes y después de la primera aplicación para poder entender el comportamiento de las plagas insectívoras; por lo general, siempre partimos de una dosis estándar de 100.000 individuos por hectárea, pero varía en función de su comportamiento (Ma y Chen 2016).

Morales (2017) menciona que las liberaciones de avispas parásitas se llevan a cabo en grandes cantidades con un intervalo de tiempo de 7 a 10 días entre cada liberación; los métodos existentes son tarjetas con huevos adjuntos (cajas) y dispensadores con protección contra depredadores; para determinar el tiempo de liberación adecuado y la dosis ideal, es importante reconocer:

- **Huésped:** Cuanto mayor sea el número de lepidópteros en el cultivo, menor será la eficiencia. Por lo tanto, la dosis administrada debe ser proporcional a la densidad del huésped.
- **Medio ambiente:** Los cambios bruscos de clima como las bajas temperaturas, la velocidad del viento, las precipitaciones y la humedad relativa pueden provocar la muerte de las avispas parásitas.
- **Alimentación:** La presencia de comida puede aumentar el ciclo de vida y la fertilidad de las hembras, permitiéndoles reproducirse rápidamente.
- **Número de insectos detectados y puntos de liberación:** Los *Trichogramma* suelen recorrer hasta varios metros, pero esto aumenta significativamente al aumentar la velocidad del viento, por lo que las liberaciones deben realizarse en lugares estratégicos para que puedan llegar fácilmente al lugar donde se encuentran los huevos de la plaga.
- **Momento y frecuencia de liberación:** esto requiere comprender el ciclo de vida de la plaga y su comportamiento en el cultivo para determinar el tiempo de liberación y la dosis ideales.

2.1.5. *Spodoptera frugiperda*

2.1.5.1. Origen y distribución

El insecto *S. frugiperda* es nativa de América, con una amplia distribución en regiones tropicales y subtropicales, con un reciente reporte en 43 países de África y algunos asiáticos, India, China y Tailandia (Hassan 2020).

2.1.5.2. Hospedantes

El rango de hospederos es amplio, con 186 especies de plantas reportadas, distribuidas principalmente en Gramineae, Leguminosae, Solanaceae, Asteraceae y otras familias; el 64 % de las plantas hospedantes se encuentran en América del Norte y Central, aunque se ha informado que afecta principalmente al maíz, el sorgo y otras gramíneas, también se han registrado pérdidas importantes en el algodón, la alfalfa y la soja; además, en ocasiones se encuentra que causa daños

a algunos árboles frutales (manzanas, uvas, naranjos, papayas), pero esto es menos común (García *et al.* 2019).

2.1.5.3. Clasificación taxonómica

Beltrán *et al.* (2022) expresan que la clasificación taxonómica de *S. frugiperda* es la siguiente:

- **Reino:** Animal
- **Phylum:** Artropoda
- **Clase:** Insecta
- **Subclase:** Endopterigota
- **División:** Pterigota
- **Orden:** Lepidoptera
- **Suborden:** Frenatae
- **Super familia:** Noctuidae
- **Familia:** Noctuidae
- **Subfamilia:** Amphlpyirinae
- **Tribu:** Prodeniu
- **Género:** Spodoptera
- **Especie:** frugiperda

2.1.5.4. Descripción y ciclo de vida

En verano, *S. frugiperda* tarda unos 30 días en completar su ciclo, pero en otras estaciones más frías puede tardar hasta 60 y 90 días; el tiempo de desarrollo en condiciones de laboratorio ($25 \pm 2^{\circ}\text{C}$) es de $36,88 \pm 8,95$ días; los tiempos de ciclo son más cortos a altas temperaturas; el tiempo de desarrollo de *S. frugiperda* es de 65,92, 32,67, 23,33 y 21,40 días a 20°C , 25°C , 30°C y 32°C , respectivamente; esto se explica por el hecho de que la especie puede prolongar el tiempo de desarrollo dependiendo de la región geográfica y la temperatura (Figuroa *et al.* 2019).

Huevo: El huevo mide aproximadamente 0,4 mm de diámetro y 0,3 mm de altura, colocan los huevos en la masa con diferente número de huevos por masa (normalmente de 100 a 200 huevos); una hembra puede poner una media de 1.500 a 2.000 huevos durante su vida; la etapa de huevo dura aproximadamente de 2 a 3 días; la duración fue de $3,53 \pm 1,2$ días en condiciones de laboratorio (25 °C), pero también se informó de 2 días en condiciones controladas (25 ± 1 °C) (Diez y Omoto 2020).

Larvas: Pasa por seis estadios larvarios; el primer estadio son de color blanco brillante antes de alimentarse y verdes después de alimentarse (1,68 mm de largo), las larvas del segundo estadio son de color blanco brillante con un tinte marrón en el dorso y miden alrededor de 3.5 mm de longitud; las larvas del tercer estadio miden 3,5 mm de largo y son de color claro y el dorso es marrón (6,35 mm de largo), el cuarto estadio es marrón rojizo, el dorso es marrón oscuro (10 mm de largo) y el quinto estadio es marrón grisáceo en el dorso y con cabeza de color marrón oscuro, la longitud a esta edad es de 17,2 mm; al final del último instar, la longitud del cuerpo puede alcanzar los 34,2 mm, el dorso es de color marrón grisáceo y la cabeza es de color marrón rojizo, cubierta de manchas blancas. Sus características distintivas son que tiene una línea en forma de "Y" en la cabeza cuando se ve desde atrás y cuatro puntos negros trapezoidales en el octavo segmento abdominal; la temperatura afecta la edad y el número de larvas, dura 38,9 días a 20 °C y 13,6 días a 32 °C (Ramos *et al.* 2022).

Pupa: Forma un capullo ovalado y suele pupar en el suelo; en verano, la etapa de pupa dura entre 8 y 9 días, pero en temperaturas más frías puede durar hasta 20 o 30 días. En condiciones de laboratorio a alrededor de 20°C, las crías viven 20,9 días, en comparación con 9,80 días, 6,57 días y 5,80 días a 25°C, 30°C y 32°C, respectivamente (Zenner de Polania *et al.* 2020).

Adulto: tiene una envergadura de 32 a 40 mm, las alas anteriores de los machos son grises y marrones con manchas blancas triangulares en las puntas y cerca del centro; las alas anteriores de la hembra son de color marrón grisáceo menos pronunciadas; los adultos son más activos en las noches cálidas y

húmedas. El tiempo de oviposición depende de las condiciones ambientales, pero suele ser de tres a cuatro días; las hembras ponen la mayoría de sus huevos en los primeros cuatro o cinco días después de que comienza la puesta (Murua y Virla 2021).

2.1.5.5. Daños

La larva es responsable del daño ya que se alimenta de la planta; en las primeras etapas, las larvas rara vez comen la hoja entera y generalmente se alimentan del tejido de la hoja, dejando intacta la epidermis membranosa de un lado; cuando las larvas son más grandes, se alimentan de las áreas de crecimiento (cogollos) y de las hojas; si la larva se alimenta de los cogollos puede provocar la muerte de la planta, pero si se alimenta de las hojas la planta puede recuperarse; sin medidas de control, *S. frugiperda* puede reducir el rendimiento del maíz en un 45 % a 72%; esta plaga en algunos países africanos, en el maíz también se han registrado pérdidas del 20 % y el 50 % (Cruz *et al.* 2019).

El gusano cogollero raspan las partes tiernas de las hojas, seguido de la aparición de pequeñas áreas transparentes; tan pronto como la larva alcanza un cierto nivel de desarrollo, comienza a comer perfectamente en el cogollo; en las hojas expandidas aparecen perforaciones regulares o zonas alargadas comidas; en esta etapa es típico observar excrementos, que las larvas emiten en forma de aserrín (Castro 2020).

2.1.6. Control biológico de *Trichogramma* sp. sobre el gusano cogollero del maíz (*S. frugiperda*).

Haro (2019) menciona que el porcentaje de emergencia de *T. atopovirilia* es alrededor del 86 % en huevos de *S. frugiperda*; el número de parasitoides que emergieron por huevo es variable; aunque esa proporción fue de dos parasitoides por huevo en una de diez ocasiones, logrando una eficacia parasítica.

Las liberaciones tempranas a los 3 días de *Trichogramma* sp., presentan una influencia en el control efectivo de *S. frugiperda* independientemente de la

densidad de parasitoides que se utilicen; en cambio las densidades altas de *Trichogramma* sp., tienen un efecto positivo en el control de *S. frugiperda* cuando se realizan de manera tardía (Figueiredo *et al.* 2020).

En un ensayo realizado por Acebedo (2020) se evidencio porcentajes de parasitismo de 75.4 % y 84.5 % para las densidades de 100000 individuos/ha y 200000 individuos/ha respectivamente, valores considerados altos; en donde algunos autores consideran que la dosis optima es aquella cuya densidad logre un rango de 60 a 90 % de parasitismo sobre huevos de *S. frugiperda*.

Mediante un ensayo en campo en cultivo de maíz en las primeras etapas de desarrollo se capturaron un mayor número de machos de *S. frugiperda* en las trampas con feromonas; donde el tratamiento con Spinosad + trampa con feromona + *Trichogramma pretiosum* + *Chrysoperla carnea* obtuvo un mayor numero de machos adultos capturados (293 adultos machos), permitiendo un mayor control del gusano cogollero en el cultivo de maíz (Bahena y Cortez 2020).

Bourchier *et al.* (2019) en un ensayo logro comprobar que *Trichogramma* sp. es capaz de controlar a *S. frugiperda*, utilizando concentraciones estándar (100000 individuos/ha) y una concentración doble (200000 individuos/ha) con un 85 % de parasitismo, teniendo en cuenta que el tiempo de liberación juega un papel importante al momento de evaluar el porcentaje de planta afectada (PPA), grado de afectación por cogollero (GAC) y masa de huevecillos por planta (MHP).

En un ensayo realizado por Jaramillo *et al.* (2021) se definió que el mejor tiempo de liberación de *Trichogramma* es a los 30 días, con un porcentaje del 74.4 y 82.9 % en sus respectivas concentraciones de 100000 y 200000 individuos por hectárea, para el control de *S. frugiperda*, en la cual se recalca que mientras más tiempo se tome en realizar una liberación el parasitoide se le dificulta controlar la plaga decayendo en 16.4 y 11.7 % al final del experimento.

En un estudio realizado por Méndez *et al.* (2020) se evidencia que concentraciones altas de *Trichogramma* sp controla *S. frugiperda*, destacándose la

concentración doble de 200000 individuos por hectárea, permitiendo reducir la presencia de *S. frugiperda* en 82.9 % en una liberación temprana, 78.2 % en la liberación semitardía y un 71.2 % en una liberación tardía.

La tasa de parasitismo de *T. atopovirilia*, *T. exiguum* y *T. pretiosum* sobre huevos de los noctuidos *S. frugiperda* y *C. decolora* se evaluó en laboratorio a 21 +/- 1°C en placas de Petri (10 cm de diámetro). Además, se comprobó existe una tasa de parasitismo alta del 80 % sobre huevos de *S. frugiperda* en microcosmos sobre plantas de *Physalis peruviana* (Parra *et al.* 2020).

Van Lenteren y Bigler (2020) mencionan que para evaluar la tasa de parasitismo de las tres especies de parasitoides *T. atopovirilia*, *T. exiguum* y *T. pretiosum*, se colocó un trozo de toalla de papel con 25 huevos de *S. frugiperda* y se liberaron dos hembras y un macho de cada especie macho; este montaje se repitió 7 veces para cada especie de parasitoide, logrando evidenciar un alto porcentaje de parasitismo (85 %).

En un ensayo realizado por Chango (2020) se evaluó la eficacia de *T. atopovirilia* y *T. exiguum* utilizando huevos de *S. frugiperda* sobre plantas de *Physalis* en microcosmos. Cada microcosmos consistió en una plántula de *Physalis* con 6 a 8 hojas verdaderas plantada en suelo natural en vasos de plástico de 12 onzas y cubierta por otro vaso de plástico de 12 onzas con un fondo de velo, que impedía la condensación de agua en el microcosmos. En cada planta, se colocaron 100 huevos de *S. frugiperda* en las hojas superiores con un pincel. Se liberaron 10 avispas adultas dentro de cada microcosmos y se utilizaron 10 microcosmos como réplicas para cada especie de *Trichogramma*. Se estableció un tratamiento de control utilizando el mismo montaje, pero sin liberar ninguna especie de parasitoide. Los huevos parasitados de *S. frugiperda* se contaron 7 días después de liberar los parasitoides. Además, y para corroborar el efecto de los parasitoides con un porcentaje de control del 86 %; también se estimó el número de larvas vivas de *S. frugiperda* dentro de cada microcosmos así como el porcentaje de daño causado por las larvas eclosionadas de *S. frugiperda* en la planta.

En un ensayo ejecutado por Pizzol *et al.* (2019) se evidencio que *T. exiguum* presenta la mayor tasa de emergencia y longevidad, su capacidad para parasitar huevos de *S. frugiperda* y *C. decolora* es muy baja, mientras que *T. atopovirilia* y *T. pretiosum* mostraron una elevada tasa de parasitismo de las dos especies hospedadoras (85 %), así como una buena adaptabilidad a las condiciones ambientales, considerando que la temperatura es uno de los principales factores ambientales que controlan el desarrollo de los parasitoides.

2.2. METODOLOGÍA

Para la elaboración del documento bibliográfico se recopiló información de textos actualizados, bibliotecas virtuales, revistas, páginas web y artículos científicos que contribuyeron con el desarrollo de la investigación sobre los aspectos biológicos de especies de *Trichogramma* como agente de control biológico del gusano cogollero del maíz (*S. frugiperda*).

La presente investigación se desarrolló como componente no experimental de carácter bibliográfico, mediante una técnica de análisis, síntesis y resumen de la información obtenida.

2.3. RESULTADOS

En el maíz *S. frugiperda* exhibe hábitos de gusano cogollero, trozador y masticador de los granos de la mazorca; cuando el tiempo es seco, sus poblaciones son muy altas, con infestaciones tempranas que se inician desde la emergencia de las plántulas, presentándose de dos a tres generaciones como gusano cogollero, desde la emergencia hasta la etapa previa a floración.

Las especies del género *Trichogramma* reconocidas como parasitoides de *S. frugiperda*, se caracterizan por ser micro avispas por tener el cuerpo de color amarillo anaranjado a negrozco, la longitud de su cuerpo es de 0.5 mm, las hembras presentan antenas simples de forma clavada y los machos antenas plumosas; la importancia de estas avispias es que parasitan huevos de *S. frugiperda*; especialmente la especie con mayor frecuencia reportada es *T. pretiosum*.

Trichogramma sp., miembro del orden Hymenoptera, es una de las avispas pequeñas más utilizadas para el control biológico; debido a su alta tasa de parasitismo, ciclo de vida corto y fuerte capacidad de oviposición, su uso ha aumentado.

Las liberaciones tempranas de *Trichogramma* sp., presentan una influencia en el control efectivo de *S. frugiperda* independientemente de la densidad de parasitoides que se utilicen; en cambio las densidades altas de *Trichogramma* sp., tienen un efecto positivo en el control de *S. frugiperda* cuando se realizan de manera tardía.

Se ha comprobado que *Trichogramma* sp. es capaz de controlar a *S. frugiperda*, utilizando concentraciones estándar (100000 individuos/ha) y una concentración doble (200000 individuos/ha) con un 85 % de parasitismo, teniendo en cuenta que el tiempo de liberación juega un papel importante al momento de evaluar el porcentaje de planta afectada (PPA), grado de afectación por cogollero (GAC) y masa de huevecillos por planta (MHP).

2.4. DISCUSIÓN DE RESULTADOS

El uso de enemigos naturales como parasitoides para el control de insectos plagas como *S. frugiperda* en el cultivo de maíz constituye una alternativa viable que reduce considerablemente el impacto ambiental de la agricultura moderna, caracterizada por el uso de agroquímicos; considerando lo expresado por----- quien recalca que es importante utilizar como alternativa de control biológico las especies de *Trichogramma*, con la finalidad de establecer un sistema integrado de control biológico sobre el gusano cogollero del maíz (*S. frugiperda*), para aumentar los niveles poblacionales del agente benéfico y reducir los niveles de daños provocados por el insecto plaga.

El control biológico inducido de *S. frugiperda* en maíz se basa en el parasitismo causado en huevos de la plaga a través de liberaciones inundativas de las tres especies de parasitoides de huevos tales como: *T. atopivirilia*, *T. exiguum* y *T. pretiosum*, en la cual Beltrán *et al.* (2020) evidencia que concentraciones altas de *Trichogramma* sp controla *S. frugiperda*, destacándose la concentración doble de 200000 individuos por hectárea, permitiendo reducir la presencia de *S. frugiperda* en 82.9 % en una liberación temprana, 78.2 % en la liberación semitardía y un 71.2 % en una liberación tardía.

3. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

3.1. CONCLUSIONES

En relación a los resultados obtenidos se realizan las siguientes conclusiones:

- El parasitoide *Trichogramma* sp. es el insecto más importante para el control de *S. frugiperda* en el cultivo de maíz; su importancia radica en su fácil distribución a gran escala y fácil liberación al aire libre.
- *Trichogramma* sp., se caracteriza por una avispa microscópica, de 0,5 a 0,8 mm de largo, con marcas parciales en la cara dorsal del fémur y metasomas oscuros en el tercio apical; los machos son de color más oscuro, sus antenas son largas, delgadas y borrosas; la hembra es de color más claro y tiene antenas más cortas y gruesas.
- *Trichogramma* sp. es una avispa parásita de vida corta; en las primeras 24 horas después de la puesta de los huevos, estos eclosionan dentro de su huésped, se convierten en larvas y se alimentan en estado larvario durante 5 días, pupan durante 2 días y luego estarán en su estado final lejos del huésped.
- Densidades de 100000 individuos/ha y 200000 individuos/ha de *Trichogramma* sp. respectivamente, pueden lograr porcentajes de parasitismo de 75.4 % y 84.5 % valores considerados altos; en donde algunos autores consideran que la dosis óptima es aquella cuya densidad logre un rango de 60 a 90 % de parasitismo sobre huevos de *S. frugiperda*.
- Las tres especies de parasitoides *T. atopovirilia*, *T. exiguum* y *T. pretiosum* poseen un alto porcentaje de parasitismo entre 80 y 85 % sobre huevos de *S. frugiperda* en el cultivo de maíz.

3.2. RECOMENDACIONES

Por lo anteriormente detallado se recomienda:

- Establecer en el cultivo de maíz un programa de manejo integrado de plagas, donde el control biológico sea el eje fundamental mediante la utilización del parasitoide *Trichogramma* sp. para el control de *S. frugiperda*.
- Promover capacitaciones a los productores de maíz sobre la importancia del control biológico con la utilización del parasitoide *Trichogramma* sp. para el control de *S. frugiperda*.
- Implementar programas de cría del parasitoide *Trichogramma* sp. para su posterior liberación en las zonas maiceras de mayor afectación por *S. frugiperda*.

4. REFERENCIAS Y ANEXOS

4.1. REFERENCIAS

- Acebedo, A. 2020. *Trichogramma atopovirilia* (Oatman & Platner) (Hymenoptera: Trichogrammatidae) reproducida en huevos de un huésped natural y uno facticio. Tesis Magister. México, Colegio de Posgrados. http://colposdigital.colpos.mx:8080/xmlui/bitstream/handle/10521/4439/Acebedo_Alcala_A_MC_F_Entomologia_Acarologia_2020.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Bahena J., Cortez M. 2020. Gusano cogollero del maíz, *Spodoptera frugiperda* (Lepidoptera: Noctuidae), pp. 181–250. In: Casos de Control Biológico en México 2. Biblioteca Básica de Agricultura, Guadalajara, Jalisco, México
- Bourchier, R., Smith S., Song, S. 2019. Host acceptance and parasitoid size as predictors of parasitoid quality for mass-reared *Trichogramma minutum*. *Biological Control* 3: 135- 139.
- Beltrán, A., Ortega, L., Santistevan, M., Quevedo, N. 2022. Efecto de la densidad y tiempo de liberación de *Trichogramma sp* sobre *Spodoptera frugiperda* en el cultivo de maíz en la comuna San Marcos. *Revista Científica y Tecnológica UPSE* 9 (1): 10-17. e-ISSN: 1390-7697. DOI: 10.26423/rctu.v9i1.645
- Brower, J. 2020. Huevos de lepidópteros de productos almacenados como hospedadores de *Trichogramma evanescens* (Hymenoptera: Trichogrammatidae). *Entomophaga*. 28: 355-362.
- Beltrán, A. 2021. Eficiencia de *Trichogramma sp*. En el control de *Spodoptera frugiperda* en el cultivo de maíz, *Zea mays*, Var. O híbrido hércules en San marcos, Santa Elena. Tesis Ing. Agr. Santa Elena, Universidad Estatal Península de Santa Elena, Ecuador. Consultado el 08 febre. 2024. Disponible

https://rraae.cedia.edu.ec/Record/UPSE_34bfa3b6f1dd8efae42d00671169a3da

- Bertorelli, M., Rengifo, R. 2020. Producción masiva de *Trichogramma* spp., en Anzoátegui, Venezuela y su importancia como alternativa ecológica en el control de plagas. *Agronomía Tropical* 58 (1): 21–26.
- Corrigan, J., Laing, J. 2019. Efectos de la especie huésped de cría y la especie huésped atacada en el rendimiento de *Trichogramma minutum* Riley (Hymenoptera: Trichogrammatidae). *Environ. Entomol.* 23: 755-760.
- Chango, L. 2020. Control de gusano cogollero (*Spodoptera frugiperda*) en el cultivo de maíz (*Zea mays* L.). Tesis Ing. Agr. Ambato, Ecuador, Universidad Técnica de Ambato. Consultado el 08 febre. 2024. Disponible en <https://repositorio.uta.edu.ec/bitstream/123456789/3174/1/Tesis-33agr.pdf>
- Castro, J. 2020. Manejo del gusano cogollero (*Spodoptera frugiperda*) en el cultivo de maíz. Tesis Ing. Agr. Bogota, Colombia. 213-342 p.
- Cruz, I., Figueiredo, M., da Silva, R., Paula, C., Foster, J. 2019. Uso de trampas de feromonas sexuales en el proceso de toma de decisiones para la aplicación de plaguicidas contra larvas de gusano cogollero (*Spodoptera frugiperda* [Smith] [Lepidoptera: Noctuidae]) en maíz. *Revista Internacional de Gestión de Plagas* 58(1): 83-90. doi: 10.1080/09670874.2012.655702
- Diaz, M. 2019. Efficiency of three species of the genus *Trichogramma* (Hymenoptera: Trichogrammatidae) for the control of *Spodoptera frugiperda* Smith and *Copitarsia decolora* Guenée (Lepidoptera: Noctuidae) in *Physalis peruviana* crops. Tesis Magister. Colombia, Universidad Nacional de Colombia. Consultado el 08 febre. 2024. Disponible en <https://repositorio.unal.edu.co/handle/unal/7587>

- Diez, G., Celso, O. 2019. Herança da Resistência de *Spodoptera frugiperda* (J.E. Smith) (Lepidoptera: Noctuidae) a Lambda-Cialotrina. *Neotropical Entomology* 30 (2): 311-316.
- Diez, G., Omoto, C. 2020. Herança da Resistência de *Spodoptera frugiperda* (J.E. Smith) (Lepidoptera: Noctuidae) a Lambda-Cialotrina. *Neotropical Entomology* 30(2): 311-316.
- Figueiredo, M., Cruz, I., da Silva, R., Foster, J. 2020. El control biológico con *Trichogramma pretiosum* aumenta la productividad del maíz orgánico en un 19,4%. *Agronomía para el Desarrollo Sostenible* 35(3): 1175-1183. doi: 10.1007/s13593-015-0312-3
- Figueroa, A., Castro, E., Castro, H. 2019. Bioplaguicide Effect of Vegetal Extracts to Control of *Spodoptera frugiperda* in Corn Crop (*Zea mays*). *Acta biológica Colombiana* 24(1): 58-66. 10.15446/abc.v24n1.69333
- García, F., Mosquera, T., Vargas, C., Rojas, L. 2019. Manejo Integrado del gusano cogollero del maíz. Corcopia. Colombia. Consultado el 08 febre. 2024. Disponible en <https://www.cabi.org/wp-content/uploads/Garcia-1999-IPM-of-Spodoptera-frugiperda.pdf>
- García, T., Piqueras, P. 2020. Influencia del tipo de alimento aportado a los adultos de *Trichogramma corbubensis* Vargas y Cabello y *T.sp.p buesi* (Hym. Trichogrammatidae) sobre su potencial biológico. *Biología Plagas* 11(3): 243-249.
- Hernández, A., Estrada, E., Rodríguez, R., García, C., Patiño-Arellano, A., Osorio, E. 2019. Importancia del control biológico de plagas en maíz (*Zea mays* L.). *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas* 10(4): 803-811.
- Hernández, A., Osorio, E., López, J., Ríos, C., Varela, S., Rodríguez, R. 2020. Insectos benéficos asociados al control del gusano cogollero (*Spodoptera*

frugiperda) en el cultivo de maíz (*Zea mays* L.). Agroproductividad. 11(1):9-14.

Hassan, S. 2020. Selección de especies de *Trichogramma* para su uso en programas de control biológico. En J.R.P. Parra y R.A. Zucchi (eds.). *Trichogramma y Control Biológico Aplicado*. FEALQ. Piracicaba, Brasil. pp.183-205.

Haile, A. 2020. Temperature-dependent development of four egg parasitoid *Trichogramma* species (Hymenoptera: Trichogrammatidae). *Biocontrol Science and Technology* 12(2): 555-567.

Haro, E. 2018. Efecto de dos dosis de *Trichogramma exiguum* Pinto y Platner sobre huevos de *Diatraea saccharalis* Fabricius. Tesis Ing. Agr. Trujillo-Perú, Universidad Nacional de Trujillo. 125 p.

Hernández, A., Estrada, B., Rodríguez, R., García, J., Patiño, S., Osorio, E. 2019. Importancia del control biológico de plagas en maíz (*Zea mays* L.). *Revista mexicana de ciencias agrícolas*. *Revista Mexicana* 10(4): 803-813 DOI: 10.29312/REMEXCA.V10I4.1665.

Haro, E. 2019. Efecto de dos dosis de *Trichogramma exiguum* Pinto y Platner sobre huevos de *Diatraea saccharalis* Fabricius. Tesis Ing. Agr. Trujillo-Perú : Universidad Nacional de Trujillo. 135 p.

Jaramillo D., Jaramillo, G., Jaramillo, P., Gómez, L. H. 2021. Efecto del gusano cogollero *Spodoptera frugiperda* (J.E. Smith) sobre el rendimiento del maíz. *Revista Facultad Nacional de Agronomía Medellín* 42: 25-33.

Kalyebi, A. 2018. Functional response of six indigenous trichogrammatid egg parasitoids (Hymenoptera: Trichogrammatidae) in Kenya: influence of temperature and relative humidity. *Biological Control* 32: 164-171.

- Ma, C., Chen, Y., 2016. Effects of constant temperature, exposure period, and age on diapause induction in *Trichogramma dendrolimi*. *Biological Control* 36: 267- 273.
- Morales, J., Vásquez, C., Nieves, L. Pérez, B., Valera, N., Ríos, L., Arrieche, N., Querino, R. 2019 Especies de *Trichogramma* (Hymenoptera: Trichogrammatidae) parasitoides de huevos de Lepidópteros en el Estado Lara, Venezuela. *Neotropica Entomológica* 36(4): 59-83. <https://doi.org/10.1590/S1519-566X2007000400011>
- Morales, J. 2017. Especies de *Trichogramma* (Hymenoptera: Trichogrammatidae) Parasitoides de Huevos de Lepidópteros en el Estado Lara, Venezuela. *Neotropical Entomology* 36(4): 542-546
- Murúa, M., Virla, E. 2021. Presencia invernal de *Spodoptera frugiperda* (Smith) (Lepidoptera: Noctuidae) en el área maicera de la provincia de Tucumán, Argentina. *Revista de la Facultad de Agronomía*, 105(2): 46-52. <http://sedici.unlp.edu.ar/handle/10915/15677>
- Méndez, W., Valle J., Ibarra J., Cisneros J., Penagos D. I., Williams T. 2022. Spinosad and nucleopolyhedrovirus mixtures for control of *Spodoptera frugiperda* (Lepidoptera: Noctuidae) in maize. *Biological control* 25: 195-206.
- Morales, J., Vásquez, C., Valera, N., Arrieche, N., Arcaya, E., Querino, B. 2019. Nuevos registros y distribución de especies de *Trichogramma* (hymenoptera: trichogrammatidae) en el Estado Lara, Venezuela. *Bioagro* 22(2): 159-162. http://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1316-33612010000200009&lng=es&tlng=es.
- MAG (Ministerio de Agricultura y Ganadería). 2022. ECUADOR. *Superficie, producción y rendimiento*. MAG. Quito, Consultado el 08 febre. 2024. Disponible en: <http://sipa.agricultura.gob.ec/index.php/sipa-estadisticas/estadisticas-productivas>.

- Nagarkatti, S., Nagaraja, H. 2019. Biosystematics of *Trichogramma* and *Trichogrammatoidea* species. *Annu. Revista Entomologica* 22: 157-176.
- Parra, J., Zucchi, R. 2019. *Trichogramma* en Brasil: Viabilidad de uso tras veinte años de investigación. *Neotrop. Entomol.* 33: 271-281.
- Pizzol, J. 2019. Diferencias dependientes de la temperatura en los rasgos biológicos entre dos cepas de *Trichogramma cacoeciae* (Hymenoptera: Trichogrammatidae). *Journal of Pest Science* 83: 447-452.
- Paliz, E. 2020. Control biológico del gusano barrenador del tallo de maíz (*Diatraea saccharalis*) empleando *Trichogramma pretiosum*. Tesis Ing. Agr. Quevedo. Ecuador. UTEQ. 61 p.
- Pisón, D., Martínez, J., Castro, M. 2022. Efecto parasítico de *Trichogramma* y del depredador *Chrysoperla* sobre huevos de *Compsus viridivittatus*, plaga de *Vitis vinifera*, en laboratorio. *Revista Entomología* 12(3): 85-97. DOI: 10.17584/rcch.2018v12i2.7786
- Parra J., Zucchi, R., Coelho, A., Geremia, L., Cônsoli, F. 2020. *Trichogramma* as a tool for IPM in Brazil, pp. 472-496. *Augmentative Biological Control Using Trichogramma spp.: Current Status and Perspectives*. Northwest A&F University Press, Shaanxi, China.
- Querino, R., Moraes, R., Zucchi, D. 2020. Relative warp analysis to study morphological variations in the genital capsule of *Trichogramma pretiosum* Riley (Hymenoptera: Trichogrammatidae). *Neotropical Entomológica* 31: 217-224
- Ramos, F., García, M., Vázquez, O., Fuantos, J. 2022. Organismos entomopatógenos, control etológico y químico para el manejo de gusano cogollero (*Spodoptera frugiperda* J. E. Smith) en maíz. *Investigación y*

Ciencia de la Universidad Autónoma de Aguascalientes 30(86): 1-11.
<https://revistas.uaa.mx/index.php/investycien/article/view/3380/3569>

Sánchez, J., Vélez, A. 2021. Incidencia del *Metarhizium anisopliae* sobre la entomofauna benéfica de cultivos de maíz bajo condiciones de campo controladas en la ESPAM MFL. Tesis Ing. Agr. Calceta. Ecuador. ESPAM MFL. 96 p.

Szwarc, D. 2018. Dispersión y mortalidad de larvas de *Spodoptera frugiperda* J. E. Smith (Lepidoptera: Noctuidae) en híbridos de maíz convencional y transgénico Bt. Tesis Ing. Agr. Buenos Aires: Universidad Nacional de La Plata. 135 p.

Velasquez, M., Teran, J. 2021. Los *Trichogramma* (Hymenoptera: Trichogrammatidae) de la región noroccidental del estado Guárico, Venezuela. *Entomotropica* 18: 127-145.

Van Lenteren, J., Bigler, F. 2020. Quality control of mass reared egg parasitoids, pp. 315-317. In: *Egg parasitoids in Agroecosystems with Emphasis on Trichogramma*. Universidad de Sao Paulo. Springer, Dordrecht.

Witting, B. 2018. Efectos de los recursos florales en la aptitud de los parasitoides *Trichogramma exiguum* (Hymenoptera: Trichogrammatidae) y *Cotesia congregata* (Hymenoptera: Braconidae). *Biological Control* 47: 180-186.

Zenner de Polanía, I., Arévalo, H., Mejía, R., Díaz, J. 2020. *Spodoptera frugiperda*: Respuestas de distintas poblaciones a la toxina Cry1Ab. *Revista Colombiana de Entomología*, 35(1), 34-41.
<http://www.scielo.org.co/pdf/rcen/v35n1/v35n1a07>.

4.2. ANEXOS



