



UNIVERSIDAD TÉCNICA ESTATAL DE QUEVEDO

FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS

CARRERA DE INGENIERÍA AGRONÓMICA

Proyecto de Investigación
previo a la obtención del título
de Ingeniero Agrónomo

Título del Proyecto de Investigación:

“Control biológico del gusano barrenador del tallo de maíz (*Diatraea saccharalis*) empleando *Trichogramma pretiosum*”

Autor:

Erik Vicente Páliz Méndez

Director del Proyecto de Investigación:

Ing. Ramiro Remigio Gaibor Fernández, M. Sc.

Quevedo – Los Ríos – Ecuador

2020

DECLARACIÓN DE AUTORÍA Y CESIÓN DE DERECHOS

Yo, **Erik Vicente Páliz Méndez**, declaro que el trabajo aquí descrito es de mi autoría; que no ha sido previamente presentado para ningún grado o calificación profesional; y, que he consultado las referencias bibliográficas que se incluyen en este documento.

La Universidad Técnica Estatal de Quevedo, puede hacer uso de los derechos correspondientes a este trabajo, según lo establecido por la Ley de Propiedad Intelectual, por su Reglamento y por la normativa institucional vigente.

Atentamente;

Erik Vicente Páliz Méndez
Autor

CERTIFICACIÓN DE CULMINACIÓN DEL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN

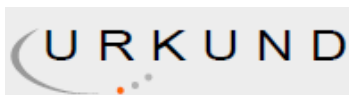
El suscrito, **Ing. Ramiro Remigio Gaibor Fernández, M. Sc.**, Docente de la Universidad Técnica Estatal de Quevedo, certifica que el estudiante **Erik Vicente Páliz Méndez**, realizó el Proyecto de Investigación titulado “**Control biológico del gusano barrenador del tallo de maíz (*Diatraea saccharalis*) empleando *Trichogramma pretiosum*”**, previo a la obtención del título de Ingeniero Agrónomo, bajo mi dirección, habiendo cumplido con las disposiciones reglamentarias establecidas para el efecto.

Atentamente;

Ing. Ramiro Remigio Gaibor Fernández, M. Sc.
Director del Proyecto de Investigación

REPORTE DE LA HERRAMIENTA DE PREVENCIÓN DE COINCIDENCIA Y/O PLAGIO ACADÉMICO

El suscrito, **Ing. Ramiro Remigio Gaibor Fernández, M. Sc.**, Docente de la Universidad Técnica Estatal de Quevedo, en calidad de Director del Proyecto de Investigación titulado “**Control biológico del gusano barrenador del tallo de maíz (*Diatraea saccharalis*) empleando *Trichogramma pretiosum*”**, perteneciente al estudiante de la carrera de Ingeniería Agronómica **Erik Vicente Páliz Méndez**, CERTIFICA: el cumplimiento de los parámetros establecidos por el SENESCYT, y se evidencia el reporte de la herramienta de prevención de coincidencia y/o plagio académico (URKUND) con un porcentaje de coincidencia del 4%.



Urkund Analysis Result

Analysed Document:	Proy. Inv. Erik Páliz 20.09.2020.docx (D79481380)
Submitted:	9/20/2020 3:53:00 PM
Submitted By:	rgaibor@uteq.edu.ec
Significance:	4 %

Sources included in the report:

PROY. INV. LUIS MOREIRA URKUND 10.02.2020.docx (D63728418)
Tesis_Espinoza_Gema_Urkund.docx (D61318330)
Tesis Rizzo 2 (1)-1.docx (D14964332)
https://www.researchgate.net/publication/250030406_Especies_de_Trichogramma_Hymenoptera_Trichogrammatidae_parasitoides_de_huevos_de_Lepidopteros_en_el_Estado_Lara_Venezuela
https://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1519-566X2007000400011&lang=es

Instances where selected sources appear:

16

Ing. Ramiro Remigio Gaibor Fernández, M. Sc.
Director del Proyecto de Investigación



UNIVERSIDAD TECNICA ESTATAL DE QUEVEDO

FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS

CARRERA DE INGENIERÍA AGRONÓMICA

PROYECTO DE INVESTIGACIÓN

Título:

“Control biológico del gusano barrenador del tallo de maíz (*Diatraea saccharalis*)
empleando *Trichogramma pretiosum*”

Presentado a la Comisión Académica como requisito previo a la obtención del título
de:

Ingeniero Agrónomo

Aprobado por:

Ing. Luis Llerena Ramos, M. Sc.
Presidente del Tribunal

Ing. César Bermeo Toledo, M. Sc.
Miembro del Tribunal

Dr. Pablo Ramos Corrales
Miembro del Tribunal

Quevedo – Los Ríos – Ecuador

2020

AGRADECIMIENTOS

A Dios por bendecirme para llegar hasta donde he llegado, haciendo realidad este sueño tan anhelado, a pesar de tropiezos sigo en pie gracias a él.

A mis padres que siempre han estado a mi lado durante toda mi etapa de estudios, dándome su amor y consejos para no decaer y continuar hasta cumplir mis metas.

Al Ing. Ramiro Remigio Gaibor Fernández, M. Sc. por sus sugerencias y colaboración a lo largo de la presente investigación.

A los docentes de la Facultad de Ciencias Agrarias de la UTEQ, que con sus enseñanzas he logrado obtener conocimientos que serán de gran ayuda en mi vida profesional.

Erik Vicente Páliz Méndez

DEDICATORIA

A Dios por brindarme la oportunidad y la dicha de la vida, al darme los medios necesarios para continuar con mi formación profesional.

A mis padres, quienes me han acompañado a lo largo del sendero de la vida, proporcionándome la fuerza necesaria para continuar, dándome ánimo, así como ayudándome en lo que ha sido posible para ellos.

A mi demás familia que también han puesto su fe y confianza en mí para ser un profesional digno y progresista en las metas y objetivos que me propongo.

Erik Vicente Páliz Méndez

RESUMEN

El barrenador del tallo (*Diatraea saccharalis*) es una de las principales plagas que atacan al maíz, y que puede acarrear pérdidas significativas tanto de rendimiento como económicas. Considerando lo anterior, la presente investigación tuvo como objetivo evaluar el efecto del control biológico del gusano barrenador del tallo de maíz (*D. saccharalis*) empleando *Trichogramma pretiosum*. La investigación se llevó a cabo en la zona de Fumisa perteneciente a Buena Fe provincia de Los Ríos en la Hacienda “Santa Anita” en el km 38 vía Quevedo-Santo Domingo. Se realizaron liberaciones de *T. pretiosum* en el cultivo, y se evaluó su efecto parasitario en los estratos: bajo (T₁), medio (T₂) y alto (T₃) de la plantación. Los resultados obtenidos permitieron identificar que existe mayor oviposición de huevos de *D. saccharalis* en T₁: estrato bajo del cultivo de maíz, con un promedio de 26 huevos por semana, mientras que en T₃: Estrato alto existe significativamente menor número de huevos ovipositados, con 15 huevos por cada 10 plantas. Los porcentajes de parasitismo disminuyen a medida que aumenta la altura de evaluación de huevos de *D. saccharalis*, de tal manera que en T₁: Estrato bajo existió un 65.93% de parasitismo, mientras que, en T₂: Estrato medio y T₃: Estrato alto, estos valores descendieron a 56.17 y 47.47 % de parasitismo. El biocontrolador demostró ser más eficiente para el control de huevos en T₁: Estrato bajo, parasitando el 65.93% del total de huevos colectados en las 7 semanas de evaluación, siendo un 38.89% más eficiente que en T₃: Estrato alto, mostrando una capacidad de parasitar un 58.30 % del total los huevos evidenciados en el estudio.

Palabras clave: Biocontrolador, Control biológico, *Zea mays* L.

ABSTRACT

The stem borer (*Diatraea saccharalis*) is one of the main pests that attack corn, and it can lead to significant losses in both yield and economics. Considering the above, the present investigation aimed to evaluate the effect of the biological control of the corn stem screwworm (*D. saccharalis*) using *Trichogramma pretiosum*. The investigation was carried out in the Fumisa area belonging to Buena Fe province of Los Ríos at the Hacienda “Santa Anita” at km 38 via Quevedo-Santo Domingo. Releases of *T. pretiosum* were made in the crop, and its parasitic effect was evaluated in the strata: low (T₁), medium (T₂) and high (T₃) of the plantation. The results obtained allowed us to identify that there is a greater oviposition of *D. saccharalis* eggs in T₁: low stratum of the corn crop, with an average of 26 eggs per week, while in T₃: high stratum there is significantly less number of oviposited eggs, with 15 eggs for every 10 plants. The percentages of parasitism decrease as the evaluation height of *D. saccharalis* eggs increases, in such a way that in T₁: low stratum there was 65.93% parasitism, while, in T₂: middle stratum and T₃: high stratum, these values decreased to 56.17 and 47.47% parasitism. The biocontroller proved to be more efficient for the control of eggs in T₁: low stratum, parasitizing 65.93% of the total eggs collected in the 7 weeks of evaluation, being 38.89% more efficient than in T₃: high stratum, showing a capacity of parasitize 58.30% of the total eggs evidenced in the study.

Keywords: Biocontroller, Biological control, *Zea mays* L.

TABLA DE CONTENIDOS

Portada	i
Declaración de autoría y cesión de derechos	ii
Certificación de culminación del Proyecto de Investigación	iii
Reporte de la herramienta de prevención de coincidencia y/o plagio académico	iv
Certificación de aprobación por Tribunal de Sustentación	v
Agradecimientos	vi
Dedicatoria.....	vii
Resumen	viii
Abstract	ix
Tabla de contenido.....	x
Índice de Tablas.....	xiii
Índice de figuras	xiii
Índice de Anexos	xiv
Código Dublín	xv
Introducción.....	1
CAPÍTULO I. CONTEXTUALIZACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN	
1.1. Problematización	3
1.1.1. Planteamiento del problema	3
1.1.2. Formulación del problema.....	3
1.1.3. Sistematización del problema.....	3
1.2. Objetivos	4
1.2.1. Objetivo general	4
1.2.2. Objetivos específicos.....	4
1.3. Justificación.....	5
CAPÍTULO II. FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA DE LA INVESTIGACIÓN	
2.1. Marco teórico	7
2.1.1. Cultivo de maíz	7
2.1.2. Agricultura ecológica	9
2.1.3. Control biológico de insectos plaga	10
2.1.3.1. Clasificación de los agentes de control biológicos.....	12

2.1.4.	<i>Diatraea saccharalis</i>	12
2.1.5.	<i>Trichogramma pretiosum</i>	17

CAPÍTULO III. METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

3.1.	Localización de la investigación	23
3.2.	Tipo de investigación	23
3.3.	Método de investigación	23
3.4.	Fuentes de recopilación de la información	24
3.5.	Tratamientos evaluados	24
3.6.	Diseño experimental y análisis estadístico	24
3.6.1.	Especificaciones del experimento	24
3.7.	Instrumentos de investigación	25
3.7.1.	Manejo del experimento	25
3.7.2.	VARIABLES EVALUADAS	25
3.7.2.1.	Número de huevos ovipositados.....	25
3.7.2.2.	Número de huevos parasitados.....	25
3.7.2.3.	Porcentaje de parasitismo	25
3.7.2.4.	Eficiencia.....	26
3.7.2.5.	Potencial biocontrolador.....	26
3.8.	Recursos humanos y materiales	27
3.8.1.	Recursos humanos	27
3.8.2.	Recursos materiales	27

CAPÍTULO IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1.	Resultados	29
4.1.1.	Número de huevos ovipositados.....	29
4.1.2.	Número de huevos parasitados.....	29
4.1.3.	Porcentaje de parasitismo	30
4.1.4.	Eficiencia.....	31
4.1.5.	Potencial biocontrolador de <i>Trichogramma pretiosum</i>	31
4.2.	Discusión	32

CAPÍTULO V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1.	Conclusiones	35
5.2.	Recomendaciones	36

CAPÍTULO VI. BIBLIOGRAFÍA

6.1. Referencias bibliográficas 38

CAPÍTULO VII. ANEXOS

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1.	Número de huevos de <i>D. saccharalis</i> por cada 10 plantas de maíz (<i>Zea mays</i> L.)	29
Tabla 2.	Número de huevos de <i>D. saccharalis</i> parasitados por <i>Trichogramma pretiosum</i> por cada 10 plantas de maíz (<i>Zea mays</i> L.)	30
Tabla 3.	Número de huevos de <i>D. saccharalis</i> parasitados por cada 10 plantas de maíz (<i>Zea mays</i> L.)	31
Tabla 4.	Total de huevos <i>D. saccharalis</i> presentes, parasitados y biocontrolados por parasitismo de <i>Trichogramma pretiosum</i> por cada 10 plantas de maíz (<i>Zea mays</i> L.).....	32

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1.	Porcentaje de huevos de <i>D. saccharalis</i> parasitados por <i>Trichogramma pretiosum</i> en cada 100 plantas de maíz (<i>Zea mays</i> L.)	30
-----------	---	----

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1.	Registro de datos en la semana 1 de evaluación.....	43
Anexo 2.	Registro de datos en la semana 2 de evaluación.....	43
Anexo 3.	Registro de datos en la semana 3 de evaluación.....	43
Anexo 4.	Registro de datos en la semana 4 de evaluación.....	43
Anexo 5.	Registro de datos en la semana 5 de evaluación.....	44
Anexo 6.	Registro de datos en la semana 6 de evaluación.....	44
Anexo 7.	Registro de datos en la semana 5 de evaluación.....	44
Anexo 8.	Preparación de las estaciones de <i>Trichogramma pretiosum</i>	45
Anexo 9.	Evaluación del número de huevos ovipositados en el estrato bajo	45
Anexo 10.	Registro de datos en la semana 5 de evaluación.....	46
Anexo 11.	Toma de dato en el cultivo de maíz.....	46

CÓDIGO DUBLÍN

Título:	Control biológico del gusano barrenador del tallo de maíz (<i>Diatraea saccharalis</i>) empleando <i>Trichogramma pretiosum</i>
Autor:	Erik Vicente Páliz Méndez
Palabras clave:	Biocontrolador, Control biológico, <i>Zea mays</i> L.
Fecha de publicación	
Editorial:	
Resumen:	<p>El barrenador del tallo (<i>Diatraea saccharalis</i>) es una de las principales plagas que atacan al maíz, y que puede acarrear pérdidas significativas tanto de rendimiento como económicas. Considerando lo anterior, la presente investigación tuvo como objetivo evaluar el efecto del control biológico del gusano barrenador del tallo de maíz (<i>D. saccharalis</i>) empleando <i>Trichogramma pretiosum</i>. La investigación se llevó a cabo en la zona de Fumisa perteneciente a Buena Fe provincia de Los Ríos en la Hacienda “Santa Anita” en el km 38 vía Quevedo-Santo Domingo. Se realizaron liberaciones de <i>T. pretiosum</i> en el cultivo, y se evaluó su efecto parasitario en los estratos: bajo (T₁), medio (T₂) y alto (T₃) de la plantación. Los resultados obtenidos permitieron identificar que existe mayor oviposición de huevos de <i>D. saccharalis</i> en T₁: estrato bajo del cultivo de maíz, con un promedio de 26 huevos por semana, mientras que en T₃: Estrato alto existe significativamente menor número de huevos ovipositados, con 15 huevos por cada 10 plantas. Los porcentajes de parasitismo disminuyen a medida que aumenta la altura de evaluación de huevos de <i>D. saccharalis</i>, de tal manera que en T₁: Estrato bajo existió un 65.93% de parasitismo, mientras que, en T₂: Estrato medio y T₃: Estrato alto, estos valores descendieron a 56.17 y 47.47 % de parasitismo. El biocontrolador demostró ser más eficiente para el control de huevos en T₁: Estrato bajo, parasitando el 65.93% del total de huevos colectados en las 7 semanas de evaluación, siendo un 38.89% más eficiente que en T₃: Estrato alto, mostrando una capacidad de parasitar un 58.30 % del total los huevos evidenciados en el estudio.</p>
Descripción:	
Url	

INTRODUCCIÓN

La explotación agrícola constituye la principal fuente de ingresos de la mayor parte de los habitantes de las áreas rurales y el algún país representa una importancia fuente de capacitación de divisas. Sin embargo, los rendimientos por unidad de superficie pueden ser disminuidos a causa de un buen número de factores limitantes bióticos y abióticos.

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% (Quijije, 2019), en comparación a los rendimientos obtenidos por las variedades cuando se lo siembra con tecnología

Entre los problemas entomológicos que tiene el cultivo del maíz el gusano cogollero (*Spodoptera frugiperda*) que es una plaga clave (Urretabizkaya, 2018) y el taladrador del tallo (*Diatraea saccharalis*) es una plaga cíclica cuyas repercusiones inciden en la producción llegando con este último insecto-plaga (Borja, 2017) que han llegado a pérdidas de 60 y 70 % en el país.

Un control efectivo de las plagas de insectos tiene una importancia decisiva en el éxito económico de la explotación del maíz. Debido al incremento en la resistencia de las plagas a uno o más insecticidas, en los últimos años el número de aplicaciones de pesticidas se incrementó en algunos casos hasta 7 a 8 aplicaciones por temporada, situación que acabo no pocas veces con la rentabilidad del cultivo.

A raíz de esta situación extrema se iniciaron estudios de control biológico de insecto-plaga. Los éxitos obtenidos mediante el control biológico han hecho posible que actualmente se esté incrementando su utilización no solo en Ecuador sino en países maiceros. Anteriormente en Ecuador se realizó diversas investigaciones sobre el combate biológico del barrenador del tallo en maíz y otros cultivos, por medio de parásitos del género *Trichogramma* que atacan al estado de huevo.

CAPÍTULO I

CONTEXTUALIZACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN

1.1. Problematización

1.1.1. Planteamiento del problema

D. saccharalis pertenece al orden de los lepidópteros pyralidea es un insecto-plaga cíclico en muchos cultivos, en el país en el año de 1985 se convirtió en un problema entomológico de mucha importancia en la zona maicera del país, ya que causo perdidas económicas del 65% repercutiendo en la economía de los agricultores. Este es un insecto-plaga que taladra o perfora el tallo de los cultivos de maíz, en todo su ciclo ataca a las mazorcas convirtiéndolas en granos sin peso, actualmente está presente en la zona de Quevedo, donde se ha detectado la presencia con pérdidas económicas de consideración para los agricultores maiceros, por cuya razón los agricultores aplican productos químicos en la búsqueda de controlar este insecto plaga que para el sector maicero se ha convertido en un problema que hay que tomar en cuenta y buscar en que época ocurre el mayor daño al cultivo.

Las técnicas de control del barrenador del tallo en el cultivo de maíz, convencionalmente incluye el uso de cada vez mayores cantidades de insecticidas químicos, lo que, a mediano o largo plazo, ocasiona resistencia en el insecto, sumándose a esto que también generan efectos secundarios tanto a las personas que aplican estos productos, como en el equilibrio ecológico de las plantaciones, puesto que también se eliminan insectos benéficos.

1.1.2. Formulación del problema

¿Cuál es el efecto del control biológico del gusano barrenador del tallo de maíz (*Diatraea saccharalis*) empleando *Trichogramma pretiosum*?

1.1.3. Sistematización del problema

¿En qué estrato del cultivo de maíz existe mayor oviposición de *Diatraea saccharalis* en el cultivo de maíz?

¿Cuál es el porcentaje de parasitismo de *Trichogramma pretiosum* en los diferentes estratos en estudio?

¿Cuál es el estrato en el que el biocontrolador es más eficiente para *Diatraea saccharalis*?

1.2. Objetivos

1.2.1. Objetivo general

Evaluar el efecto del control biológico del gusano barrenador del tallo de maíz (*Diatraea saccharalis*) empleando *Trichogramma pretiosum*.

1.2.2. Objetivos específicos

- Determinar el estrato en el que existe mayor oviposición de *Diatraea saccharalis* en el cultivo de maíz.
- Establecer el porcentaje de parasitismo de *Trichogramma pretiosum* en los diferentes estratos en estudio.
- Identificar el estrato en el que el biocontrolador es más eficiente para *Diatraea saccharalis*.

1.3. Justificación

El insecto *Diatraea saccharalis* es una plaga que viene afectando los cultivos de maíz; por ello se hace necesario buscar alternativas que permitan bajar la incidencia de este, empleando el agente biológico *Trichogramma pretiosum*, que tiene como particularidad regular la población insectil del taladrador del tallo de maíz a través del parasitismo de huevos fresco de dicha plaga.

Este agente biológico o parasitoide especializado en huevos de *D. saccharalis* es liberado en plantaciones maiceras con la finalidad de que parasite huevos como un medio de control biológico en el cultivo de maíz. Con los resultados de la presente investigación se pretende difundir una alternativa para controlar poblaciones de *D. saccharalis*, para de este modo contribuir a una agricultura de menor impacto en el medio ambiente, disminuyendo el uso de insecticidas químicos en el cultivo.

Los resultados de la presente investigación apuntan a beneficiar a los productores maiceros, de tal manera que ayudan a controlar poblaciones de *D. saccharalis*, mediante el uso de bioncontrolador, disminuyendo de este modo el impacto en el medio ambiente por el uso de insecticidas químicos, promoviendo el uso de una tecnología de fácil aplicación en los sistemas de producción agrícola.

CAPÍTULO II

FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA DE LA INVESTIGACIÓN

2.1. Marco teórico

2.1.1. Cultivo de maíz

Al principio, los taxónomos clasificaron los géneros *Zea* y *Euchlaena*, como dos géneros separados, sin embargo, se los considera como un único género, basándose en la compatibilidad entre esos grupos de plantas y los estudios citogenéticos. Entre las *Maydeas* orientales existen diversos géneros como *Schleracne*, *Polytoca*, *Chionachne*, *Trilobachne* y *Coix*, siendo este último el único que tiene cierta importancia económica en el sudeste de Asia. En general, solo *Zea mays* se considera como una especie de gran importancia económica dentro de las *Maydeas*. Su clasificación taxonómica está bien estudiada (Global Biodiversity Information Facility, 2013).

Las raíces son fasciculadas y su misión es aportar un perfecto anclaje a la planta. En algunos casos sobresalen unos nudos de las raíces a nivel del suelo y suele ocurrir en aquellas raíces secundarias o adventicias. El tallo es simple, erecto en forma de caña y macizo en su interior, tiene una longitud elevada pudiendo alcanzar los 4 metros de altura, además es robusto y no presenta ramificaciones (Agribeco, 2015). Las hojas son largas, lanceoladas, alternas, paralelinervias y de gran tamaño. Se encuentran abrazando al tallo y con presencia de vellosidad en el haz, además los extremos de las hojas son muy afilados y cortantes (Agrotendencia, 2014).

Es una planta monoica pues presenta inflorescencia masculina y femenina separada dentro de la misma planta. La inflorescencia masculina es una panícula (vulgarmente denominado espigón o penacho) de coloración amarilla que posee aproximadamente entre 20 a 25 millones de granos de polen, además cada flor que compone la panícula contiene tres estambres donde se desarrolla el polen. En cambio, la inflorescencia femenina cuando ha sido fecundada por los granos de polen se denomina mazorca, aquí se encuentran las semillas (granos de maíz) agrupadas a lo largo de un eje, esta mazorca se halla cubierta por hojitas de color verde, terminando en una especie de penacho de color amarillo oscuro, formado por estilos (Guacho, 2014).

La cubierta de la semilla (fruto) se llama pericarpio, es dura, por debajo se encuentra la capa de aleurona que le da color al grano (blanco, amarillo, morado), contiene proteínas y en su

interior se halla el endosperma con el 85-90% del peso del grano. El embrión está formado por la radícula y la plúmula (Guacho, 2014).

En el mundo, entre todos los cereales existentes, el maíz es el producto agrícola más importante, ha desplazado al trigo de este sitio y se perfila como el grano más valioso, esto debido a la gran versatilidad de usos, debido a que puede consumirse como alimento humano en forma directa, utilizarse también en alimento para ganado o puede transformarse industrialmente en productos con mayor valor agregado (Keleman y Hellin, 2009).

La importancia de este grano pronto fue advertida por los cronistas españoles de la época colonial, quienes nos heredaron abundantes testimonios sobre la relación con ceremonias y ofrendas que los pueblos originarios realizaban en torno al maíz, entre otros usos. Pero también la literatura indígena ofrece testimonios de la presencia de esa semilla en su cosmovisión (Bayer, 2017).

Aunque es un alimento importante en muchas partes del mundo, el maíz es inferior a otros cereales en valor nutricional. Su proteína es de mala calidad y es deficiente en niacina. Las dietas en las que predomina a menudo dan lugar a la pelagra (enfermedad por deficiencia de niacina). Su gluten (proteína elástica) es comparativamente de mala calidad y no se usa para producir pan fermentado. Sin embargo, es ampliamente utilizado en la cocina latinoamericana para hacer masa, un tipo de masa utilizada en alimentos básicos tales como tortillas y tamales. Dado que la harina de maíz no contiene gluten, no se puede usar sola para hacer panes crecientes. El maíz en Estados Unidos se hierva o asado en la mazorca, crema, convertida en la sémola de maíz (granos mondados) o comida, y cocido en pudines de maíz, papilla, polenta, pasteles plancha y pan de maíz. También se usa para palomitas de maíz, dulces y varias preparaciones de cereales fabricados.

Nutricionalmente, el maíz contiene 60 a 68% de almidón y 7 a 15% de proteína. Los tipos de semillas opacas son más nutricionales y contienen un alto porcentaje de aminoácidos esenciales. El embrión que forma aproximadamente el 12% del grano entero es la fuente de proteínas, grasas y azúcares. El maíz amarillo es la fuente más rica de vitamina A. El maíz tiene más riboflavina que el trigo o el arroz y es rico en fósforo y potasa. El maíz contiene 1.2 a 5.7% de aceite comestible (Mansilla, 2018). Las variedades desarrolladas particularmente para la producción de petróleo contienen hasta un 14%. El aceite de maíz es

ampliamente utilizado como medio de cocción y para la fabricación de aceite hidrogenado. El aceite tiene la calidad de reducir el colesterol en la sangre humana como el aceite de girasol. El contenido de grasa del aceite es de aproximadamente 80%. El maíz actúa como fuente en la fabricación de almidón, jarabe, dextrosa, aceite, gelatina, ácido láctico, etc (Méndez, 2018).

La harina de maíz se utiliza como un agente espesante en la preparación de muchos comestibles como sopas, salsas y polvo de natillas. El jarabe de maíz se usa como agente en unidades de confitería. El azúcar de maíz (dextrosa) se usa en formulaciones farmacéuticas como agente endulzante en bebidas no alcohólicas, etc. El gel de maíz debido a su carácter de retención de humedad se usa como agente adhesivo para conos de helado, como agente seco para productos horneados (Mansilla, 2018).

El maíz se ha convertido en uno de los cereales más consumidos en el mundo. Es utilizado para la alimentación humana y animal y como materia prima en la producción de almidón industrial y alimenticio, en la elaboración de edulcorantes, dextrinas, aceite y otros productos derivados de su proceso de fermentación, como son el etanol, el alcohol industrial, el dióxido de carbono (CO₂), diversos aminoácidos, antibióticos y plásticos, y como sustituto del petróleo y sus derivados que son recursos no renovables. Para la obtención de estos productos se lleva a cabo un proceso de molienda húmeda que comprende una serie de etapas importantes para la producción de almidón y sus derivados (Grande y Orozco, 2013).

2.1.2. Agricultura ecológica

La agricultura depende del uso de recursos naturales, como la tierra, el suelo, el agua y los nutrientes. A medida que aumenta la demanda de alimentos, y el cambio climático y la degradación de los ecosistemas imponen nuevas limitaciones, la agricultura sostenible tiene que desempeñar un importante papel para conservar los recursos naturales, reducir las emisiones de gases de efecto invernadero, detener la pérdida de biodiversidad y cuidar los paisajes valiosos (Comisió Europea, 2012).

El fundamento científico de la agricultura ecológica es la agroecología, ciencia integradora que se ocupa del estudio de la agricultura desde una perspectiva global: considerando no sólo el aspecto técnico, o agronómico, sino también los otros aspectos: el social, el económico y el medioambiental (Gonzalvez, 2005).

Las técnicas de agricultura ecológica constituyen el aspecto agronómico de la agroecología. Se aplican con el objetivo de conservar a largo plazo la fertilidad del suelo y de que el agricultor sea lo más autosuficiente posible, tanto en fertilizantes como en fitosanitarios (Gonzalvez, 2005).

Al contrario de la agricultura convencional, la agricultura ecológica trata de imitar, en lo posible, a la naturaleza. Una expresión de ello es el incremento de la biomasa para abono verde o el aporte de otros abonos orgánicos según principios ecológicos, desistiendo del uso de productos fitosanitarios químicos, marcando de esta manera una diferencia sustancial con la agricultura convencional. En esta agricultura es importante fomentar los microorganismos para mejorar la fertilidad del suelo, considerando la calidad y cantidad de los nutrientes, además de la organización interna de los procesos biológicos (Kolmans y Vásquez, 1999).

2.1.3. Control biológico de insectos plaga

El control biológico de plagas consiste en el uso de enemigos naturales y microorganismos para el control de sus poblaciones. Consiste en el uso de uno o más organismos para reducir la densidad de una planta o animal que causa daño al hombre. Así el control biológico puede definirse como el uso de organismos benéficos contra aquellos que causan plagas (Paredes, Campos, y Cayuela, 2013).

Del casi un millón de especies de insectos descritas, menos de 1,000 son consideradas plagas a nivel mundial; ello implica medidas de control que aseguren las cosechas; básicamente, estas medidas implican el uso de productos químicos, los cuales han contribuido de forma masiva a la degradación de los recursos naturales, la contaminación del medio ambiente, y la toxicidad a los usuarios, en tanto que el problema de las plagas se ha incrementado notablemente (Salas y Salazar-Solís, 2003).

Si se desea revertir la tendencia del uso masivo de productos químicos sintéticos, es necesario utilizar métodos alternativos no contaminantes como lo es el Control Biológico, que junto con el uso restringido de los productos químicos selectivos, el empleo de cultivos resistentes a las plagas y enfermedades y otros métodos integrales de control, resuelven muchos de los problemas de las plagas, sin acudir nuevamente a los productos químicos de amplio espectro, que causan disturbios y contaminación ambiental (Velásquez y Gerding, 2006).

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 (Salas y Salazar-Solís, 2003).

Este tipo de control de plagas posee varias ventajas puesto que la estrategia va a estar dirigida a una especie de plaga en particular. También se puede añadir que es uno de los métodos más baratos seguros, y eficientes para el control de las plagas. Al igual que existen diferentes plagas en los cultivos, se pueden encontrar también desarrollados diferentes controles biológicos, los que se clasifican en tres categorías principales: el clásico, el aumentativo y el conservativo (Peralta, 2018):

- Clásico es la introducción de un enemigo natural en un nuevo ambiente con el fin de que se establezca de forma permanente y regule a la plaga de manera sostenida en el tiempo. Este método es especialmente adecuado para los casos en que una especie se establece en áreas fuera de su rango nativo donde no están presentes los enemigos naturales que la regulan normalmente (Gutiérrez-Ramírez *et al.*, 2013)
- Aumentativo tiene como objetivo inmediato aumentar la abundancia de enemigos naturales presentes en un área afectada, aunque en un número tan bajo que no alcanzan un control efectivo; otro objetivo de esta misma estrategia es la liberación periódica de enemigos naturales ausentes en la zona afectada, debido esto, a que no logran establecerse permanentemente. El aumento de las poblaciones o las liberaciones se puede realizar de dos maneras: liberaciones inundativas o inoculativas (Salas y Salazar-Solís, 2003).
- Conservativo apunta a implementar varias medidas para proteger, aumentar la abundancia y mejorar las actividades de los enemigos naturales ya presentes en el área. Para esto, es importante identificar cuáles son los factores que limitan a la población de enemigos naturales o que influyen de manera negativa su acción reguladora y de este modo manipular el hábitat en consecuencia (Peralta, 2018).

Los hongos entomopatógenos presentan gran potencial como agentes controladores de plagas, constituyendo un grupo con más de 750 especies, diseminados en el medio ambiente y provocando infecciones fungosas a poblaciones de artrópodos (Asaff, Reyes *et al.*, 2002; Zappellini *et al.*, 2010), los géneros de mayor importancia son *Metarhizium*, *Beauveria* y *Paecilomyces*, ya que atacan un alto rango de insectos plaga (Yang *et al.*, 2009; Alvarado *et al.*, 2013).

2.1.3.1. Clasificación de los agentes de control biológicos

En el control biológico convencional, se mencionan a los organismos usados como agentes de control biológico y estos se clasifican según Nicholls (2008) de la siguiente forma:

- **Parasitoides:** Tienen un ciclo de vida inmaduro que se desarrolla dentro o fuera de su hospedero, el cual finalmente muere, de ahí el valor de los parasitoides como enemigos naturales. Son más pequeños que su hospedero y solamente la hembra es quien los busca. Los adultos viven por si solos y también pueden ser depredadores. Suplementariamente consumen polen y néctar para completar su dieta alimenticia.
- **Depredadores:** Generalmente son de mayor tamaño que su presa, matan o se alimentan de un gran número de individuos. Atacan presas inmaduras y adultas. Indistintamente los individuos inmaduros como adultos pueden ser depredadores. Necesitan de polen y néctar como recurso alimenticio adicional.
- **Patógenos:** Son los hongos, bacterias, virus y nematodos. Matan, reducen la reproducción, detienen el crecimiento o acortan la vida de las plagas. Son generalmente específicos de las plagas. Su efectividad puede depender de las condiciones ambientales y de la abundancia del hospedero. El grado de control de los patógenos que ocurren naturalmente es impredecible. Son relativamente lentos en su acción, por eso puede llevar varios días o más alcanzar un control efectivo. Son ambientalmente seguros.

2.1.4. *Diatraea saccharalis*

Fabricius (1794) citado por SAGARPA (2015 b), describe la clasificación del barrenador del tallo de la caña de azúcar *Diatraea saccharalis* Fabricius 1794 (Lepidoptera:Pyralidae.) de la siguiente forma:

Phylum: Arthropoda
Clase: Insecta
Orden: Lepidoptera
Familia: Crambidae
Género: *Diatraea*
Especie: *saccharalis*

El periodo de desarrollo de estos insectos está determinado por las características biológicas inherentes a las especies que conforman esta clase; no obstante, para cualquier especie, las condiciones en que ocurre el desarrollo influyen notablemente. Estas pueden aumentar o disminuir el tiempo de ocurrencia de los fenómenos vitales; pues la temperatura, humedad relativa, cantidad y calidad de los alimentos, así como otros factores ecológicos pueden variar, en mayor o menor grado, la duración del desarrollo (Astola y Narrea, 2019).

El barrenador del tallo de la caña (*Diatraea saccharalis*) presenta el siguiente ciclo de vida, los huevos varían de 4 a 5 días, la larva de 18 a 25 días y las pupa de 10 a 14 días (Enrique, 2011).

Son polillas de hábitos nocturnos, las hembras depositan cerca de 300 huevos, en posturas con 5 a 50 huevos amarillentos, dispuestos de forma imbricada, generalmente en el limbo foliar y con mayor frecuencia en la parte dorsal de la hoja (Flores, 2010).

Las hembras colocan los huevos sobre las hojas o adheridos al tallo, en grupos de 5 a 50 huevos, colocados en forma imbricada (semejante a escamas de peces). El periodo de incubación tarda de 4 a 5 cinco días. Los huevos son de forma ovalada y aplanada, recién puestos son de color blanco cremoso y cuando están próximos a la eclosión se tornan rojizos o anaranjados, con una puntuación negra (Guacho, 2014).

Las larvas en sus primeros instares se alimentan de los tejidos tiernos en el cogollo y posteriormente descienden hacia la axila de las hojas para convertirse en barrenador del tallo. La larva completa su desarrollo dentro del tallo y antes de empupar abre un orificio en la pared del tallo para facilitar la emergencia de la mariposa. Las mayores infestaciones se presentan en caña planta, siembras tardías y en cultivos enmalezados (Pérez-Domínguez y Ireta-Moreno, 2017).

La fase larval comprende cinco instares, con una duración total de 18 a 25 días. Su coloración es blanca cremosa, con numerosas puntuaciones de color castaño a lo largo del cuerpo y el cabeza marrón oscuro (Peralta, 2018).

La pupa del barrenador es de tipo adeptica, caracterizada porque los órganos bucales no son móviles, los apéndices corporales se pueden observar, pero están fuertemente pegados al cuerpo mediante una secreción especial. Las pupas recién formadas son casi blancas, pero a las pocas horas toman una coloración marrón. En este estado el insecto casi no tiene movimientos. Al finalizar el proceso de la pupa, ocurre la emergencia del adulto que se libera de la pupa, de esta forma inicia su vida en el medio exterior (Liceras *et al.*, 2007)

La pupa o crisálida presenta una coloración marrón o castaño oscuro. En este periodo permanece de 10 a 14 días, al final del cual emerge la mariposa. El adulto del barrenador es una pequeña polilla (mariposa) de color pajizo, que mide un poco más de 1 cm de longitud y de ancho de alas de 2 a 2,5 cm. En estado de reposo, une las alas y forma un Angulo obtuso con el vértice, hacia la parte dorsal (Peralta, 2018).

Los machos son, generalmente, más pequeños que las hembras, tienen el abdomen más fino y las alas más oscuras. Los adultos constituyen el estado de mayor, Movilidad del insecto, el cual puede desplazarse mediante el desarrollo de sus funciones vitales. Las antenas son dilatadas, pubescentes y poliformes. Las alas anteriores son reflectadas, alargadas y subtriangulares, en algunos casos pero a veces presentan líneas transversales sobre las alas o líneas más oscuras a lo largo de las venas (Guacho, 2014).

Las patas son cortas, con el par medio más largo y de tarso pentámtero, el fémur es alargad. Las tibias de las patas anteriores y medias presentan dos espuelas y el par posterior cuatro. La tibia del macho generalmente lleva numerosas escamas alargadas en forma de pelos, en el margen interior. La genitalia del macho es bien desarrollada, en tanto que genitalia hembra tiene una papila anal ancha. La bolsa copulatoria abre ventralmente en el séptimo externito abdominal. Para que ocurra la reproducción, es necesario que se efectuara la maduración sexual de las polillas (Borja, 2017).

Si bien muchas de estas especies no han sido descritas sobre sus hospedadores originales, se cree que eran gramíneas acuáticas y semiacuáticas como *Paspalum spp.*, *Panicum spp.*, *Echinochloa spp.*, *Hymenachne spp.*, *Oryza latifolia* y también el teosinte. Como se

mencionó anteriormente, la domesticación del maíz y la introducción en América de cultivos de interés para el hombre, como la caña de azúcar, el sorgo, el trigo, el arroz y otras gramíneas forrajeras, no solo ampliaron el rango de hospedadores para estas especies, sino que produjeron el cambio de preferencia hacia estas plantas más suculentas y otras hierbas que puedan hallarse en las cercanías de los lotes productivos, que es la situación general observada en la actualidad (Parody, 2011).

Si bien el cultivo preferido por *D. saccharalis* es la caña de azúcar, como queda demostrado en las localidades donde la caña coexiste con el maíz, la elección del cultivo hospedador ha sido analizada e interpretada por medio de observaciones del comportamiento y la bioecología de la plaga. En otras especies barrenadoras y plagas del maíz, del sorgo y del arroz, como *Ostrinia nubilalis* (el barrenador europeo del maíz) o *Spodoptera frugiperda* (gusano cogollero), se han detectado razas especializadas diferencialmente a los diversos hospedadores (conocidas en inglés como host races), y dichas diferencias fueron corroboradas además a nivel genético (Hoy, 2003).

El proceso de diferenciación de los insectos herbívoros en relación a su hospedador sería un proceso de especiación simpátrida y, por lo tanto, un proceso básico en la evolución de la especie. En el caso de *D. saccharalis*, si bien se observan diferencias morfológicas cuando las larvas se desarrollan en maíz o sorgo en comparación con el desarrollo en trigo u otras gramíneas (larvas más pequeñas), no se ha realizado aún ningún estudio de diferenciación de razas o biotipos acorde al cultivo hospedador, ni a nivel morfológico o fisiológico a campo, ni a nivel genético (Peccoud, 2009).

El daño mecánico consiste en la fractura de tallos (vuelco del cultivo), de mayor impacto cuando ocurre por debajo de la altura de inserción de la espiga, y la caída de espigas como consecuencia del barrenado del pedúnculo y base de las mismas, con la consiguiente repercusión sobre el rendimiento de la cosecha. Las pérdidas ocasionadas por el daño mecánico se incrementan a medida que se atrasa la fecha de recolección del cultivo. La incidencia de pedúnculos barrenados en maíces convencionales oscila entre 33 y 85 %, y en parcelas con alta presencia de la plaga, casi la mitad de las plantas pueden presentar vuelco (Serra y Trumper, 2006).

El daño fisiológico se produce por el hábito masticador de las larvas, las cuales se alimentan primero de tejido foliar y luego penetran en el tallo; cuando el ataque se produce sobre una

planta joven, las larvas pueden dañar el brote terminal provocando su muerte. Al alimentarse, las larvas dañan los tejidos de conducción de la planta de maíz interfiriendo el ascenso de nutrientes, el movimiento de agua y la producción y translocación de fotoasimilados hacia la espiga primaria, por lo cual el daño tiene alto impacto particularmente en las etapas reproductivas de la planta (Pérez-Domínguez y Ireta-Moreno, 2017).

Entre los efectos indirectos se observa que frecuentemente las plantas atacadas por *D. saccharalis* se ven también afectadas por la podredumbre de espiga y tallo causada por *Fusarium* spp. y *Sclerotium bataticola* (Fava *et al.*, 2004) y por otros patógenos que habitualmente se establecen siguiendo las vías de entrada que provoca el barrenador. Como consecuencia de esto, se incrementa la concentración de toxinas causadas por hongos en los granos (fumonisinas, aflatoxinas) disminuyendo el valor de la producción (Parody, 2011).

En Piura, Perú, Astola y Narrea (2019) estudiaron algunos aspectos de la biología y comportamiento de una línea de *Cotesia flavipes*, procedente de Costa Rica, en larvas de *Diatraea saccharalis*. El estudio en tres generaciones se realizó en el laboratorio del Centro de Producción de Insectos Útiles (CPIU) de la Empresa Caña Brava, a una temperatura promedio de 28 °C y 60% de humedad relativa (HR).

Los mencionados autores determinaron el ciclo de desarrollo del parasitoide en 15 días: periodo incubación, 2.5 días; estadio larval I, II y III de 3.3; 2.5 y 1.3 días respectivamente; periodo pupal (5.6 días); proporción de sexos (1:3.9 macho/hembra); periodo de pre-oviposición (37.9 minutos) y tiempo de oviposición (6.1 segundos). La longevidad del adulto es mayor con alimento. El porcentaje de emergencia fue de 91.2% y la hembra parasita 1 a 2 larvas. El apareamiento es polígamo, con reproducción sexual y partenogénica tipo arrenotoquia. El macho copula con 5-14 hembras, el pre-apareamiento oscila entre 1-94 minutos y el tiempo de cópula entre 8-21 segundos. No hay diferencias en el número de larvas parasitadas en los estadios IV, V y VI de *D. saccharalis*.

La eficiencia y el éxito de las liberaciones de *C. flavipes*, en el manejo de *D. saccharalis*, se confirman por medio de las tasas de parasitismo por encima del 30%. Sin embargo, no se descarta la utilización de otros parasitoides como *Trichogramma pretiosum* Riley, dirigida al manejo de *D. saccharalis*. Posteriormente, en la década del 90 se desarrollan programas de control biológico para el manejo de insectos-plagas exóticas y endémicas, como *Plutella xylostella*, *Hypothenemus hampei* y *Oeobalus insularis*, entre otras (Zachrisson, 2015).

La reducción del número de taxonomistas, en las principales familias de parasitoides y depredadores, redundan en la correcta identificación de los enemigos naturales, lo que puede afectar el éxito de los programas de control biológico. Aunado a esto se destaca la ausencia de recurso humano especializado en los programas de control biológico ya implementados, la que promueve la sostenibilidad de los mismos. Diversos factores han influido en el desarrollo de programas de control biológico exitosos.

2.1.5. *Trichogramma pretiosum*

El género *Trichogramma* fue descrito en 1833 por Westwood utilizando como especie tipo a *T. evanescens*. Sus poblaciones se encuentran distribuidas en América desde Canadá hasta la Argentina, incluyendo las Islas del Caribe, Hawái, con gran presencia en países de continente europeo, africano y demás países de Asia y Oceanía. En Ecuador se comercializan este insecto en estado de pupa para depositarlos en los campos de cultivo, de esas pupas salen los adultos a los pocos días pudiéndose detectar huevos parasitados solo una semana después de la introducción de las pupas (Moreno y Pérez, 2002).

La importancia de estas avispitas es que parasitan huevos insectos-plaga que atacan a una gran diversidad de cultivos de gran importancia económica. Sus hospederos pertenecen a los órdenes: Lepidóptera, himenóptera, Díptera, Coleóptera, Neuróptera, Hemíptera, Megaloptera (García-González *et al.*, 2011)

Trichogramma pretiosum, se le reporta parasitando huevecillos del complejo *Heliothis*, *Trichoplusiani*, *Manduca sexta*, *Diatraea saccharalis*, *Spodoptera frugiperda* y otras especies de menor importancia económica. Estas especie se encuentran presenten en las regiones tropicales USA, México, Centro y Sur América (Moreno y Pérez, 2002).

Son micro avispas que se caracterizan por tener el cuerpo de color amarillo anaranjado a negruzco, la longitud de su cuerpo es de 0.5 mm, las hembras presentan antenas simples de forma clavada y los machos antenas plumosas. Hay más de 250 especies de *Trichogramma* y muchas son tan parecidas que se necesita el examen de algún experto para diferenciarlas. Estas avispas se usan actualmente para el control de muchas especies de insectos plagas. (Salcedo, 2014). La importancia de estas avispitas es que parasitan huevos de insectos-plaga que atacan a una gran variedad de cultivos de importancia económica (Castro, 2018).

Según Morales *et al.* (2007), la taxonomía de *T. pretiosum* es la siguiente:

Phyllum:	Arthropoda
Sub-Phyllum:	Mandibular
Clase:	Insecto
Orden:	Hymenoptera
Familia:	Trichogrammatidae
Género:	<i>Trichogramma</i>
Especie:	<i>pretiosum</i>

En Brasil, estos parasitoides están entre los insectos más estudiados, existiendo amplia literatura sobre su efectividad como controladores biológicos (Morales *et al.* 2007). Adicionalmente, existe un volumen significativo de informaciones y resultados de investigaciones que están disponibles para ser usados en cultivos como algodón, soya, caña de azúcar, tomate, maíz, cítricas, aguacate y en plagas de granos almacenados. Por ejemplo, *Trichogramma atopovirilia* Oatman y Platner y *Trichogramma pretiosum* Riley para el control de *Spodoptera frugiperda* (J. E. Smith) (Lepidoptera: Noctuidae) en maíz y *Plutella xylostella* (L.) (Lepidoptera: Plutellidae) en el cultivo de col (Parra y Zucchi, 2004).

La hembra pone 2 a 3 huevos en el huevo fresco del insecto hospedero antes de que éste cambie de color debido a la maduración del embrión. De 1 a 3 días después de haberse ejecutado el parasitismo, el huevo hospedero cambia a color oscuro, aquí la larva de *Trichogramma spp.* Ya se está alimentando del huevo. A partir del 4° al 5° día el huevo se pone negruzco y la larva de *Trichogramma spp.* Se transforma en pupa. Del 7° al 8° día emerge la avispa adulta de 28 a 30°C. Debido a su ciclo de vida tan corto es posible que *Trichogramma spp.* Llegue a tener hasta 20 generaciones al año (Moreno y Pérez, 2002).

Las condiciones climáticas influyen considerablemente en la actividad de *Trichogramma*. Las liberaciones de los parásitos en días soleados y cálidos hacen que su actividad se incremente y por lo mismo exploren y parasiten mayor cantidad. Varios autores reportan que los huevos del huésped depositados en los substratos de la planta son buscados por el olor amanado al momento de la ovoposición por la hembra (Zúñiga y Gerding, 2002). Se ha encontrado alto grado de preferencia de *T. pretiosum* por huevos de *D. saccharalis* adheridos artificialmente. Los mismos autores reportan que *T. pretiosum* parasita preferentemente huevos depositados en el ápice de las plantas de maíz (Morales *et al.*, 2007).

La avispa *Trichogramma spp.* es un ejemplo de lo que es el control biológico eficiente de plagas, con una lista de hospederas de más de 200 especies. Esta amplia gama de insectos le permite a los Trichogramas ser el parasitoide más ampliamente distribuido en el mundo. Este insecto se encuentra entre los más pequeños midiendo de 0.2 a 1.5 mm. A pesar de su diminuto tamaño es un eficiente destructor de huevos de palomillas que en su estado inmaduro o larvario consumen y defolian plantas. (Lamilla y Abel, 2017).

Entre las ventajas del uso de *T. pretiosum* en los sistemas de producción agrícola, Ninahuanca (2014), enuncia lo siguiente:

- Destruye los huevos de las plagas, evitando que se formen los gusanos que se comen los cultivos.
- No hay peligro de intoxicación para quien haga las liberaciones de las avispas
- Con el costo de una aplicación de insecticidas podemos hacer hasta diez liberaciones del parásito
- No rompe el equilibrio ecológico
- El número de aplicaciones de insecticidas se puede disminuir, alternándolas con las liberaciones del parásito
- Es fácil de producir, almacenar y transportar (Fava y Manfredi, 2006)

Son endoparasitoides principalmente de huevos de lepidópteros utilizados a nivel mundial en programas de control biológico. En lo correspondiente a las condiciones climáticas, se puede indicar que la humedad relativa para ideal para los adultos fluctúa entre 70 y 75%, esto les puede incrementar la longevidad de 6 a 8 días. Pero si la humedad es inferior al 50% la longevidad disminuye sustancialmente de 2 a 3 días. La longevidad en el campo varía con la temperatura, puede ser de 4-5 días en un rango de 25 a 30° C; o hasta 10 días de 15 a 17° C. A 15° C el adulto ya se encuentra ejerciendo la acción (Ninahuanca, 2014).

Los *Trichogramma spp.*, normalmente son enviados en forma de pupa, para preveer su emergencia en un lapso de 1 a 3 días. Estas pupas van en el interior del huevo hospedero los

cuales están adheridos a cartulinas divididas en pulgadas cuadradas. Dicha cartulina se introduce en una pequeña bolsa de plástico con aireación. Cada pulgada cuadrada contiene 3000 huevos hospederos aproximadamente, los cuales van a originar alrededor de 2,550 avispas, que equivalen a un mínimo del 85% de viabilidad (Caiche, 2014).

El desarrollo, calidad y desempeño de *Trichogramma* son influenciados por factores bióticos y abióticos. La temperatura es el factor abiótico de mayor importancia, interfiere en el ciclo de desarrollo, proporción sexual, supervivencia, desempeño y fecundidad (Molina, Fronza, y Parra, 2005; Cabezas *et al.*, 2013). Antes de liberar insectos benéficos es importante monitorear para conocer los niveles de población del insecto a manejar, por lo que es recomendable que (Caiche, 2014):

- Las liberaciones deben realizarse temprano en las mañanas, nunca al medio día o cuando el sol está muy fuerte, ni por las tardes.
- Una vez recibido el material biológico, debe ser acondicionado para su liberación ya no debe ser refrigerado.
- Iniciar las liberaciones de la avispa tan pronto como observe los primeros adultos o encuentre huevos de lepidópteros plaga en el cultivo.
- Antes de liberar se debe conocer cuando se hizo la última aplicación de agroquímico sobre todo si fue un insecticida, y cual fue aplicado.
- Si es posible conocer con los agricultores vecinos si se va a realizar la aplicación de químicos para prever que la deriva de los mismos invada su predio.
- Solicitar el producto al proveedor y cuando se lo reciba, se debe revisar que esté en buenas condiciones para su liberación.
- Se deben realizar de 3 a 4 liberaciones con un intervalo de 4 a 5 días, mientras se encuentre presente la plaga y el estado fenológico del cultivo sea susceptible a su ataque.

Para su aplicación en el campo, se debe considera lo siguiente:

Cortar por uno de los extremos un envase de gaseosa descartable de 1.5 litros, y colocar dentro 50 pulg² de cartulina con huevos parasitados, (equivalente a 150 000 avispas, cantidad

recomendada para liberar en 1 ha.) cerrar y esperar la emergencia de las avispas para liberarlas en el campo. Un hombre, portando un envase de estos ingresará al campo a 20 m del margen, avanzará en el sentido del surco y permitirá la salida de las avispitas cada 20 m; luego regresará por otro surco a 20 m del anterior y realizará la misma operación hasta completar 1 ha (Caiche, 2014).

Utilizar pequeños vasos descartables, donde se colocarán 2 pulg² de cartulina con huevos parasitados, asegurar la boca del vaso pegando una servilleta con goma, y esperar la emergencia de las avispas para liberarlas en el campo. Un hombre distribuirá 25 vasos de estos por Ha. (150 000 avispas) en lugares equidistantes, permitiendo la libre salida de las avispas (Ninahuanca, 2014).

CAPÍTULO III

METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

3.1. Localización de la investigación

La investigación se llevó a cabo en la zona de Fumisa perteneciente a Buena Fe provincia de Los Ríos en la Hacienda “Santa Anita” en el km 38 vía Quevedo-Santo Domingo, cuyas coordenadas geográficas son 00°50′53.9” de latitud Sur y 79°29′23.1” de longitud Oeste, a una altitud de 91 m.s.n.m.

El clima de la zona de estudio es tropical – monzónico, con temperatura máxima de 29°C y mínima de 23 °C, con una media anual de 24.3°C, precipitación anual de 1998 mm, evaporación de 1,67 mm/día, humedad relativa de 84 %, y heliofanía de aproximadamente 840 horas. ¹

3.2. Tipo de investigación

Se llevó a cabo una investigación de tipo experimental y exploratoria. Tiene carácter experimental, puesto que se realizó una identificación del efecto de la liberación de especímenes de *Trichogramma pretiosum* en el cultivo de maíz. Además, es exploratoria, al no existir reportes de antecedentes de investigaciones similares en el área de influencia de la investigación.

3.3. Método de investigación

En la investigación realizada se aplicaron los siguientes métodos:

- **Método inductivo:** en la determinación de las variables de respuesta en base a los objetivos de la investigación.
- **Método deductivo:** para la identificación del efecto específico del biocontrolador en estudio, sobre la disminución de huevos de *D. saccharalis*.
- **Método analítico:** este método se utilizó para el análisis de los datos obtenidos en el ensayo de campo, para la posterior generación de resultados a fin de alcanzar los objetivos propuestos en la investigación.

¹ Datos tomados de la estación meteorológica ubicada en la Hcda. Zulema ubicada en el Km 34 vía Buena Fe – Santo Domingo

3.4. Fuentes de recopilación de la información

En este proyecto de investigación se recopiló información de fuentes primarias la cual netamente fue la observación que se llevó a cabo en el experimento donde se midió diferentes variables. Además, se consultó fuentes secundarias como libros, folletos, boletines divulgativos, manuales técnicos, artículos de revistas científicas y demás fuentes bibliográficas, tanto físicas como digitales.

3.5. Tratamientos evaluados

Se consideraron como tratamientos, a cada uno de los estratos (alturas) en los que se liberaron los especímenes de *Trichogramma pretiosum*:

T₁: Estrato bajo

T₂: Estrato medio

T₃: Estrato alto

3.6. Diseño experimental y análisis estadístico

No se utilizó ningún tipo de diseño experimental para el desarrollo del ensayo. Se utilizaron técnica de estadística descriptiva, y se utilizó la prueba t para la comparación de las medias de los estratos en las diferentes variables de respuesta.

3.6.1. Especificaciones del experimento

Número de estratos evaluados:	3
Número de plantas por observación:	10
Número de observaciones por estrato:	10
Total de plantas por estrato por semana:	100
Número de plantas muestreadas por semana:	300
Número de semanas de evaluación:	7
Total de plantas muestreadas por estrato en el ensayo:	700
Total de plantas muestreadas en el ensayo:	2100

3.7. Instrumentos de investigación

3.7.1. Manejo del experimento

El manejo de la plantación estuvo sujeto a las agrotecnia convencional que se realiza en la hacienda en estudio. Se destinó un área de 3 hectáreas para el muestreo con fines investigativos, cuyo manejo difirió del resto de la hacienda, únicamente por la ausencia de aplicación de insecticidas químicos.

Se colocaron 12 estaciones de *Trichogramma pretiosum* por hectárea (sitios de distribución del biocontrolador) por cada tratamiento, las cuales estuvieron conformadas por la aplicación de cartulinas del biocontrolador de por 4 pulgadas cuadradas cada una. Las estaciones se elaboraron con vasos térmicos de 6 oz, en cuya parte interna se colocaron las cartulinas del biocontrolador (Anexo 8). Se realizaron muestreos aleatorios semanales, realizando un conteo tanto de huevos ovipositados, así como de aquellos parasitados.

3.7.2. Variables evaluadas

3.7.2.1. Número de huevos ovipositados

Para la evaluación de esta variable se realizó un conteo del total de huevos ovipositados por cada 10 plantas seleccionadas al azar dentro de la plantación.

3.7.2.2. Número de huevos parasitados

Del total de huevos ovipositados, se realizó un conteo de aquellos que habían sido parasitados por *Trichogramma pretiosum*, considerando las mismas plantas utilizadas para la evaluación de la variable anterior.

3.7.2.3. Porcentaje de parasitismo

Para esta variable se hizo una relación determinada por el cociente entre el número de huevos parasitados y el total de huevo ovipositados por cada 10 plantas cada semana, para luego expresarlo en porcentaje, utilizando la siguiente fórmula:

$$PP = [NHP/NHO] * 100$$

Dónde:

PP: Porcentaje de parasitismo

NHP: Número de huevos parasitados

NHO: Número de huevos ovipositados

3.7.2.4. Eficiencia

Para la determinación de la eficiencia del biocontrolador, se consideró el porcentaje de parasitismo en cada uno de los estratos. Se tomó como referencia el estrato de menor grado de parasitismo para luego, respecto a este establecer la eficiencia del biocontrolador en los dos estratos restantes. La eficiencia se determinó utilizando la siguiente fórmula:

$$EB = [PPE - PPR] / PPR * 100$$

Dónde:

EB: Eficiencia del biocontrolador (%)

PPE: Porcentaje de parasitismo en el estrato

PPR: Porcentaje de parasitismo en el estrato de referencia

3.7.2.5. Potencial biocontrolador

La evaluación de esta variable se la efectuó semanalmente, considerando el total de huevos presentes en 10 plantas y el total de huevos parasitados entre los tres estratos, para posteriormente calcular el potencial biocontrolador, mediante la siguiente fórmula:

$$PB = [THB/THO] * 100$$

Dónde:

PB: Potencial biocontrolador

THB: Total de huevos biocontrolados

THO: Total de huevos ovipositados

3.8. Recursos humanos y materiales

3.8.1. Recursos humanos

- Director del Proyecto de investigación
- Estudiante responsable de la investigación

3.8.2. Recursos materiales

- Alambre fino # 12
- Computador
- Estilete
- Grapadora
- Grasa
- Huevecillos de *Trichogramma pretiosum*
- Latillas de caña de 60 cm
- Libreta de campo
- Tijera
- Vasos térmicos de 6 oz

CAPÍTULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. Resultados

4.1.1. Número de huevos ovipositados

En la Tabla 1 se presentan los promedios del número de huevos de *D. saccharalis* presentes por cada 10 plantas. Se pudo evidencia que en el T₁: Estrato bajo se ovipositan mayor número de huevos que en promedio fue de 26 huevos, mostrando diferencias significativas respecto a T₂: Estrato medio y T₃: Estrato alto, que registraron valores de 20 y 15, respectivamente.

En T₁: Estrato bajo, se observó entre 25 y 27 huevos por cada 10 plantas evaluadas en las 7 semanas de evaluación, mientras que en T₂: Estrato medio se registraron valores entre 19 y 21, mientras que en T₃: Estrato alto, el número de huevos ovipositados varió entre 14 y 15 por cada 10 plantas de maíz.

Tabla 1. Número de huevos de *D. saccharalis* por cada 10 plantas de maíz (*Zea mays* L.)

Semanas	Estratos		
	T ₁ : Estrato bajo	T ₂ : Estrato medio	T ₃ : Estrato alto
Semana 1	26	20	15
Semana 2	27	20	15
Semana 3	26	20	15
Semana 4	26	20	14
Semana 5	25	20	14
Semana 6	26	20	15
Semana 7	26	19	14
Promedio	26 a	20 b	15 c

4.1.2. Número de huevos parasitados

Los promedios del número de huevos de *D. saccharalis* parasitados por cada 10 plantas de maíz se presentan en la Tabla 2. El promedio de huevos de *D. saccharalis* parasitados por cada 10 plantas de maíz entre las 7 semanas de evaluación mostró diferencias significativas entre los diferentes estratos evaluados, de tal manera que en T₁: Estrato bajo se observó un mayor promedio de huevos parasitados con 17, superando estadísticamente a los estratos

medio y alto que registraron valores de 11 y 7 huevos de *D. saccharalis* parasitados por *Trichogramma pretiosum* por cada 10 plantas de maíz, respectivamente.

En T₁: Estrato bajo, el número de huevos de *D. saccharalis* parasitados por *Trichogramma pretiosum* por cada 10 plantas osciló entre 17 y 18, mientras que en T₂: Estrato medio este valor osciló entre 11 y 12, siendo entre 6 y 7 en T₃: estrato alto. De manera general se pudo evidenciar que en todas las evaluaciones en T₁: Estrato bajo se evidenció mayor cantidad de huevos de *D. saccharalis* parasitados por *Trichogramma pretiosum*.

Tabla 2. Número de huevos de *D. saccharalis* parasitados por *Trichogramma pretiosum* por cada 10 plantas de maíz (*Zea mays* L.)

Semanas	Estratos		
	T ₁ : Estrato bajo	T ₂ : Estrato medio	T ₃ : Estrato alto
Semana 1	17	11	7
Semana 2	18	12	7
Semana 3	17	11	7
Semana 4	17	11	7
Semana 5	17	11	7
Semana 6	17	11	7
Semana 7	18	11	6
Promedio	17 a	11 b	7 c

4.1.3. Porcentaje de parasitismo

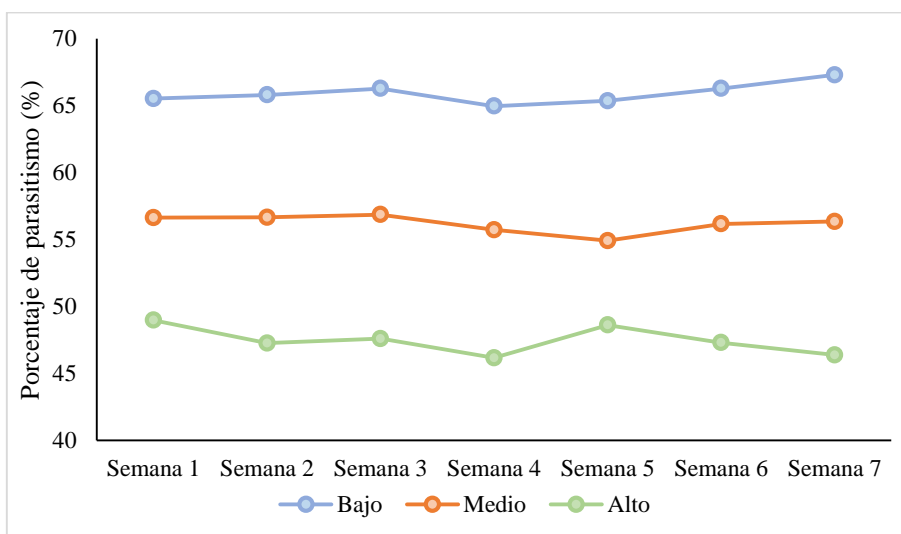


Figura 1. Porcentaje de huevos de *D. saccharalis* parasitados por *Trichogramma pretiosum* en cada 100 plantas de maíz (*Zea mays* L.)

Como se muestra en la Figura 1, el porcentaje de parasitismo fluctuó entre 64.96 y 67.29% en T₁: estrato bajo, mientras que para T₂: Estrato medio éste varió entre 54.90 y 56.85%, siendo de 46.15 a 48.97% en T₃: Estrato alto. Esto permite identificar que en T₁: Estrato bajo se apreció un mayor porcentaje de parasitismo en todas las semanas de evaluación.

4.1.4. Eficiencia

En la Tabla 3 se presentan los valores del total de huevos colectados tanto por semana como en todo en el ensayo, y sus respectivos referentes de huevos parasitados. En T₁: Estrato bajo se colectó un promedio de 260 huevos semanales, con 1820 huevos ovipositados durante las 7 semanas de evaluación, con 171 huevos parasitados por semana y 1200 en todo el ensayo, reflejando un 65.93% de parasitismo. En T₂: Estrato medio se colectó en promedio 200 huevos ovipositados de los cuales 112 se encontraban parasitados, mientras que en T₃: Estrato alto se evidenciaron en promedio 144 huevos ovipositados por semana, de los cuales 68 se encontraban parasitados por el biocontrolador en estudio.

El porcentaje de parasitismo fue mayor en T₁: Estrato bajo con 65.93%, superando estadísticamente a T₂: Estratos medio y T₃: Estrato alto que registraron valores de 56.17 y 47.47%. Sin embargo, el biocontrolador en estudio fue más eficiente para parasitar en el estrato bajo con un 38.89% más eficiente que en el estrato de menor parasitismo.

Tabla 3. Número de huevos de *D. saccharalis* parasitados por cada 10 plantas de maíz (*Zea mays* L.)

Estratos	Número de huevos		Número de huevos parasitados		Porcentaje de parasitismo	Eficiencia (%)
	Semanal	Total	Semanal	Total		
T ₁ : Estrato bajo	260	1820	171	1200	65.93 a	38.89
T ₂ : Estrato medio	200	1401	112	787	56.17 b	18.33
T ₃ : Estrato alto	144	1009	68	479	47.47 c	

4.1.5. Potencial biocontrolador de *Trichogramma pretiosum*

En la Tabla 4, se presentan los valores del potencial biocontrolador de *T. pretiosum* para *D. saccharalis*, observándose que, en total de los tres estratos evaluados, en promedio por cada

10 plantas, se ovopositan entre 59.80 y 61.80 huevos, de los cuales entre 34.30 y 36.10 son parasitados por el mencionado biocontrolador, reflejando un potencial biocontrolador entre 57.36 y 58.90 % de la población de huevos registrados en las 7 semanas de evaluación.

Tabla 4. Total de huevos *D. saccharalis* presentes, parasitados y biocontrolados por parasitismo de *Trichogramma pretiosum* por cada 10 plantas de maíz (*Zea mays* L.)

Semanas	Total de huevos	Total de huevos parasitados	Potencial biocontrolador (%)
Semana 1	61	36	58.68
Semana 2	62	36	58.41
Semana 3	60	35	58.67
Semana 4	60	34	57.36
Semana 5	60	35	57.81
Semana 6	61	35	58.25
Semana 7	60	35	58.90
Promedio	60	35	58.30

4.2. Discusión

Los resultados obtenidos, demuestran una mayor concentración de huevecillos de *D. saccharalis* en el estrato inferior o bajo (T_1) de las plantas, de tal manera que se puede identificar que la actividad y daño producido por las larvas de este insecto (Serra y Trumper, 2006), se centra en esta región de la plantación de maíz. En el presente estudio, el 43.03% de los huevecillos recolectados se encontró en el estrato bajo (T_1) de las plantas muestreadas, siendo un problema potencial, una vez que estos eclosionen. Esto concuerda con Serra y Trumper (2020), quien en su estudio evidenció que la actividad de las larvas se concentró en el estrato medio e inferior de la planta, independientemente de la fecha de siembra y del estado fenológico en que comenzó el ataque. Estos autores evidenciaron que el daño en el tercio medio de las plantas mostró la mayor influencia en la determinación del rendimiento, seguido por el estrato inferior, mientras que daños en el estrato superior no afectaron el rendimiento.

Debido a una mayor presencia de huevos ovipositados en el estrato inferior (T_1) de las plantas de maíz, también se pudo apreciar una mayor cantidad de huevos parasitados, de tal manera que en este estrato se concentró el 48.67% de huevos parasitados colectados,

concordando con Morales *et al.* (2007), quienes sostienen que en el cultivo de maíz, debido a que *D. saccharalis* presenta mayor actividad de su estadio larval en el estrato inferior del cultivo, es importante liberar biocontroladores en dicho nivel a fin de constituir un control más eficiente, corroborado por Liceras *et al.* (2007), que sostienen que el control biológico tanto de larvas como de huevos de *D. saccharalis* debe centrarse en el estrato bajo de la plantación, para de este modo evitar su ascenso y avance en las plantas de maíz.

En lo correspondiente al porcentaje de parasitismo fluctuó se pudo evidenciar que éste disminuyó a medida que el estrato fue más alto, pasando de 65.93% de huevos parasitados en el estrato bajo (T₁) a un 47.47% en el estrato alto (T₃), lo que se puede atribuir a una mayor presencia de huevos de *D. saccharalis* en el estrato bajo (T₁) de la plantación. Estos resultados se asemejan a los obtenidos por Velásquez y Gerding (2006), quienes evaluaron diferentes especies de *Trichogramma spp.* para el control de *Helicoverpa zea* (Boddie) (Lepidoptera: Noctuidae), observando que *T. pretiosum* reduciendo en un 20% los daños por este insecto, por lo que lo presentaron como una alternativa efectiva en el control de esta plaga, parasitando más del 40% de los huevos de este insecto.

Los resultados anteriores confirman y atribuyen una mayor eficiencia del biocontrolador en el estrato bajo (T₁) respecto al estrato alto (T₃), demostraron ser un 38.89 % de eficiencia, esto puede ser un efecto directo de una mayor actividad de este insecto en el estrato bajo (T₁) de la plantación. Esto concuerda con Zúñiga-Oviedo y Soto-Giraldo (2018), quienes mencionan que *T. pretiosum* es más eficiente en sitios donde existe mayor cantidad de insectos plaga presentes. En un promedio general de toda la plantación tratada, se pudo identificar que *T. pretiosum* es capaz de parasitar y por ende controlar el 58.30 % de los huevos de *D. saccharalis*, por lo que este sería su potencial biocontrolador respecto a este insecto en el área de estudio. Sin embargo, es importante replicar el estudio, para poder confirmar o identificar posibles variaciones en los resultados de la presente investigación, pero, se puede especular que *T. pretiosum* es un biocontrolador eficaz para controlar poblaciones de *D. saccharalis*.

CAPÍTULO V

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1. Conclusiones

- Existe mayor oviposición de huevos de *D. saccharalis* en T₁: estrato bajo del cultivo de maíz, con un promedio de 26 huevos por semana en 10 plantas, mientras que en T₃: Estrato alto existe significativamente menor número de huevos ovipositados, con 15 huevos por cada 10 plantas.
- Los porcentajes de parasitismo disminuyen a medida que aumenta la altura de evaluación de huevos de *D. saccharalis*, de tal manera que en T₁: Estrato bajo existió un 65.93% de parasitismo, mientras que, en T₂: Estrato medio y T₃: Estrato alto, estos valores descendieron a 56.17 y 47.47 % de parasitismo.
- El biocontrolador demostró ser más eficiente para el control de huevos en T₁: Estrato bajo, parasitando el 65.93% del total de huevos colectados en las 7 semanas de evaluación, siendo un 38.89% más eficiente que en T₃: Estrato alto, mostrando una capacidad de parasitar un 58.30 % del total los huevos evidenciados en el estudio.

5.2. Recomendaciones

- Evaluar diferentes dosificaciones de aplicación de *Trichogramma pretiosum* con la finalidad de identificar posibles aumentos en la tasa de parasitismo de este biocontrolador sobre *Diatraea saccharalis*.
- Ampliar el campo de estudio sobre control biológico de *Diatraea saccharalis*, a fin de disminuir el uso de agroquímicos que podrían causar resistencia por parte de este insecto.
- Replicar el presente estudio en condiciones agroclimáticas diferentes y de este modo constatar o identificar variantes respecto a los resultados obtenidos en el presente estudio.

CAPÍTULO VI

BIBLIOGRAFÍA

6.1. Referencias bibliográficas

- Agribeco. (2015). Maíz. Obtenido de <http://www.fertilizantesagribeco.com/modules/cultivos/controlVariables.php?action=pdf&id=41>.
- Agrotendencia. (2014). Hojas lanceoladas del maíz. Obtenido de <https://agrotendencia.tv/agropedia/glosario/hojas-lanceoladas/>.
- Alvarado, H., Montes, L., Gomes, H., Bustillo, A., & Mesa, E. (2013). Patogenicidad de cepas de *Metarhizium anisopliae* (L.) y *Beauveria bassiana* sobre *Rhynchophorus palmarum*. *Revista Palmas* 34(2): 15-24.
- Asaff, T., Reyes, V., López, L., & De La Torre, M. (2002). Guerra entre insectos y microorganismos: una estrategia natural para el control de plagas. *Avance y Perspectiva* 21: 291-295.
- Astola, S., & Narrea, M. (2019). Biología y comportamiento de *Cotesia flavipes* Cameron (Braconidae) parasitoide de *Diatraea saccharalis* Fabricius (Crambidae). *Ecología Aplicada* 18(1): 77-83.
- Bayer. (2017). El maíz, un alimento fundamental de identidad. Obtenido de <https://www.cropscience.bayer.ec/es-EC/Noticias/Noticias/2017/Septiembre/Maiz-alimento-ancestral.aspx>.
- Borja, V. (2017). Análisis de riesgo de plagas de granos de maíz (*Zea mays* L.) para consumo, originarios de Colombia. Universidad Central del Ecuador. Quito-Ecuador. 64 p.
- Cabezas, F., Melo, M., García, M., Diez-Rodríguez, G., & Nava, D. (2013). Parasitismo de *Trichogramma pretiosum* (Hymenoptera: Trichogrammatidae) sobre *Spodoptera cosmioides* (Lepidoptera: Noctuidae) a diferentes temperaturas. *Revista Colombiana de Entomología* 39 (2): 216-220.
- Caiche, K. (2014). Crianza masal del parasitoide *Trichogramma exiguum* en hospedero alternativo *Sitotroga cerealella* en fase de laboratorio. Universidad Técnica de Machala. Machala-Ecuador. 49 p.
- García-González, F., Mercado-Hernández, R., González-Hernández, A., & Ramírez-Delgado, M. (2011). Especies nativas de *Trichogramma* (Hymenoptera: trichogrammatidae) colectadas en cultivos agrícolas del norte de México. *Revista Chapingo serie ciencias forestales y del ambiente* 17: 173-181.
- Global Biodiversity Information Facility. (2013). The Global biodiversity Information Facility: GBIF Backbone Taxonomy. Obtenido de <http://www.gbif.org/species/5290052>.
- Grande, C., & Orozco, B. (2013). Producción y procesamiento del maíz en Colombia. *Revista Científica Guillermo de Ockham* 11 (1): 97-110 pp.

- Guacho, E. (2014). Caracterización agro-morfológica del maíz (*Zea mays* L.) de la localidad San José de Chazo. Escuela Superior Politécnica de Chimborazo. Riobamba-Ecuador. 100 p.
- Gutiérrez-Ramírez, A., Robles-Bermúdez, A., Santillán-Ortega, C., & Ortiz-Catón, M. C.-C. (2013). Control biológico como herramienta sustentable en el manejo de plagas y su uso en el estado de Nayarit, México. *Revista Bio Ciencias* 2(3): 102-112.
- Hoy, M. (2003). *Insect molecular genetics : an introduction to principles and applications*. Academic Press. Boston-United States. 113 p.
- Keleman, A., & Hellin, J. (2009). Specialty Maize Varieties in Mexico: A Case Study in Market Driven Agro-Biodiversity Conservation. *Journal of Latin American Geography* 8: 147–174.
- Liceras, L., Valladars, L., Reyna, R., & Escuadra, H. (2007). Biología de *Diatraea saccharalis* Fabr. (Lepidoptera: pyralidae) alimentado con dos tipos de *Zea mays* (L.). *Pueblo Continente* 18(1): 85-93.
- Mansilla, P. (2018). Evaluación del valor nutricional de maíces especiales (*Zea mays* L.): Selección para calidad agroalimentaria. Universidad Nacional de Córdoba. Córdoba-Argentina. 285 p.
- Méndez, C. (2018). Análisis comparativo económico de dos paquetes tecnológicos para la producción de maíz del híbrido Dekalb 7088 en el recinto La Victoria del cantón Mocache. Universidad Técnica Estatal de Quevedo. Quevedo-Ecuador. 80 p.
- Molina, R., Fronza, V., & Parra, J. (2005). Seleçãõ de *Trichogramma* spp., para o controle de *Ecdytolopha aurantiana*, com base na biologia e exigências térmicas. *Revista Brasileira de Entomologia* 49(1): 152-158.
- Morales, J., Vásquez, C., Pérez, N., Valera, N., Ríos, Y., Arrieche, N., & Querino, R. (2007). Especies de *Trichogramma* (Hymenoptera: Trichogrammatidae) parasitoides de huevos de Lepidópteros en el Estado Lara, Venezuela. *Neotropical Entomology* 36(4): 542-546.
- Moreno, F., & Pérez, I. (2002). El empleo de *Trichogramma* en control biológico de plagas: problemas taxonómicos. *Boletín de la Sociedad Entomológica Aragonesa* 31: 239-242.
- Nicholls, C. (2008). *Control biológico de insectos: un enfoque agroecológico*. Universidad de Antioquia. Medellin-Colombia. 282 p.
- Ninahuanca, C. (2014). Efectividad de ocho especies parasitoides del género *trichogramma* (Hymenoptera: Trichogrammatidae) sobre *Copitarsia corruda* (Lepidoptera: Noctuidae). Universidad Nacional Mayor de San Marcos. Lima-Perú. 84 p.
- Paredes, D., Campos, M., & Cayuela, L. (2013). El control biológico de plagas de artrópodos por conservación: técnicas y estado del arte. *Ecosistemas* 22(1): 56-61.
- Parody, B. (2011). Caracterización espacial y temporal de la estructura genética del primer insecto blanco del maíz transgénico Bt en Argentina, el barrenador *Diatraea*

- saccharalis* (Fabricius). Universidad de Buenos Aires. Buenos Aires-Argentina. 381 p.
- Parra, J., & Zucchi, R. (2004). Trichogramma in Brazil: Feasibility of use after twenty years of research. *Neotropical Entomology* 33: 271-281.
- Peccoud, J. O. (2009). A continuum of genetic divergence from sympatric host races to species in the pea aphid complex. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America* 106(18): 7495-7500.
- Peralta, M. (2018). Evaluación y control de (*Diatraea saccharalis* F.), en caña de azúcar en el ingenio La Troncal. Universidad de Guayaquil. Guayaquil-Ecuador. 69 p.
- Pérez-Domínguez, J., & Ireta-Moreno, J. (2017). Daños causados por barrenadores del tallo y pudrición de tallo en maíz de la región Ciénega de Chapala, Jalisco. *Entomología mexicana* 5: 428-434.
- Quijije, M. (2019). Análisis económico del rendimiento de los híbridos de maíz INIAP H-551 y TRUENO NB 7443 mediante sistemas de labranza convencional y mínima y su impacto ambiental en el cantón Mocache. Universidad Técnica Estatal de Quevedo. Quevedo-Ecuador. 92 p.
- Salas, M., & Salazar-Solís, E. (2003). Importancia del uso adecuado de agentes de control biológico. *Acta Universitaria* 13(1): 29-35.
- Serra, G., & Trumper, E. (2006). Estimación de incidencia de daños provocados por larvas de *Diatraea saccharalis*. *AgriScientia* 23(1): 1-7.
- Serra, G., & Trumper, E. (2006). Estimación de incidencia de daños provocados por larvas de *Diatraea saccharalis* (Lepidoptera: Crambidae) en tallos de maíz mediante evaluación de signos externos de infestación. *Agriscientia* 23(1): 1-7.
- Serra, G., & Trumper, E. (2020). Incidencia de *Diatraea saccharalis* (Lepidoptera: Pyralidae) sobre el rendimiento del cultivo de maíz y cálculo de niveles de daño económico. *Agriscientia* 37(1): 63-73.
- Urretabizkaya, N. (2018). Manejo Integrado de plagas asociadas al cultivo de maíz. Universidad Nacional de Lomas de Zamora. Lomas de Zamora-Argentina. 54 p.
- Velásquez, C., & Gerding, M. (2006). Evaluación de Diferentes Especies de *Trichogramma spp.* para el control de *Helicoverpa zea* (Boddie) (Lepidoptera: Noctuidae). *Agricultura Técnica* 66(4): 411-415.
- Yang, Y., Cai, S., Zheng, Y., Lu, X., Xu, X., & Han, Y. (2009). *Metarhizium taii* var. *chongqingensis* Nov., Anamorph of *Cordyceps chongqingensis* sp. Nov. Isolated from a low altitude area in Chongqing, China. *Current Microbiology* 58: 635-641.
- Zachrisson, B. (2015). Evolución y perspectiva del control biológico como herramienta para el desarrollo sostenible de los agroecosistemas tropicales: Estudio de caso en Panamá. *Revista de Protección Vegetal* 30(1): 81-82.
- Zappellini, L., Almeida, J., Batista, A., & Giometti, F. (2010). Seleção de isolados do fungo entomopatogênico *Metarhizium anisopliae* (Metsch.) Sorok. visando o controle da

broca da cana-de- açúcar *Diatraea saccharalis* (Fabr., 1794). Arquivos do Instituto Biológico 77: 75-82.

Zúñiga, K., & Gerding, M. (2002). Efecto de la temperatura en la longevidad, reproducción, y desarrollo de *Trichogramma nerudai* y *Tichogramma dendrolimi* (Hymenoptera: Trichogrammatidae). Agricultura Técnica 62(3): 463-468.

Zúñiga-Oviedo, M., & Soto-Giraldo, A. (2018). Control microbiológico de *Diatraea saccharalis* Fabricius (Lepidoptera: Crambidae) en caña panelera a nivel de campo. Boletín Científico del Museo de Historia Natural 22(2): 33-41.

CAPÍTULO VII

ANEXOS

Anexo 1. Registro de datos en la semana 1 de evaluación

Estratos	Muestréos									
	m ₁	m ₂	m ₃	m ₄	m ₅	m ₆	m ₇	m ₈	m ₉	m ₁₀
Número de huevos ovipositados – Semana 1										
Bajo	29	28	24	23	26	26	23	29	27	29
Medio	18	18	22	22	21	19	18	19	18	21
Alto	16	14	13	12	12	17	14	16	17	14
Número de huevos ovipositados parasitados – Semana 1										
Bajo	19	18	15	15	18	17	15	19	18	19
Medio	10	10	13	12	12	11	10	11	11	11
Alto	8	7	6	6	6	9	6	8	8	7

Anexo 2. Registro de datos en la semana 2 de evaluación

Estratos	Muestréos									
	m ₁	m ₂	m ₃	m ₄	m ₅	m ₆	m ₇	m ₈	m ₉	m ₁₀
Número de huevos ovipositados – Semana 2										
Bajo	25	26	29	28	29	27	24	24	28	29
Medio	18	20	19	19	21	21	22	22	21	20
Alto	15	12	17	15	13	17	13	17	12	15
Número de huevos ovipositados parasitados – Semana 2										
Bajo	17	16	19	18	19	18	16	16	19	19
Medio	10	11	11	10	12	12	12	13	12	12
Alto	8	6	8	7	6	8	6	8	5	7

Anexo 3. Registro de datos en la semana 3 de evaluación

Estratos	Muestréos									
	m ₁	m ₂	m ₃	m ₄	m ₅	m ₆	m ₇	m ₈	m ₉	m ₁₀
Número de huevos ovipositados – Semana 3										
Bajo	25	26	29	24	24	26	24	27	24	29
Medio	20	19	18	21	22	19	18	18	21	21
Alto	14	13	17	17	16	13	12	12	16	15
Número de huevos ovipositados parasitados – Semana 3										
Bajo	17	17	20	16	16	17	16	17	16	19
Medio	11	11	11	12	13	11	10	10	11	12
Alto	7	6	8	8	8	6	6	5	8	7

Anexo 4. Registro de datos en la semana 4 de evaluación

Estratos	Muestréos									
	m ₁	m ₂	m ₃	m ₄	m ₅	m ₆	m ₇	m ₈	m ₉	m ₁₀
Número de huevos ovipositados – Semana 4										
Bajo	27	23	24	28	24	28	24	24	23	29
Medio	19	19	18	21	18	22	21	21	21	21
Alto	15	13	14	13	17	14	14	12	15	16
Número de huevos ovipositados parasitados – Semana 4										
Bajo	18	14	15	18	16	18	15	16	16	19
Medio	11	10	10	13	10	12	12	12	11	11
Alto	7	6	6	6	8	6	6	6	7	8

Anexo 5. Registro de datos en la semana 5 de evaluación

Estratos	Muestréos									
	m1	m2	m3	m4	m5	m6	m7	m8	m9	m10
Número de huevos ovipositados – Semana 5										
Bajo	24	26	29	24	24	26	24	25	23	29
Medio	20	22	21	21	22	19	19	20	18	22
Alto	17	14	14	13	13	16	17	14	13	13
Número de huevos ovipositados parasitados – Semana 5										
Bajo	16	16	19	15	16	18	15	17	15	19
Medio	11	12	11	12	12	10	10	11	11	12
Alto	8	7	6	6	7	8	9	7	6	6

Anexo 6. Registro de datos en la semana 6 de evaluación

Estratos	Muestréos									
	m1	m2	m3	m4	m5	m6	m7	m8	m9	m10
Número de huevos ovipositados – Semana 6										
Bajo	27	25	25	25	28	26	24	23	24	28
Medio	20	21	19	22	19	20	21	21	18	22
Alto	17	17	16	13	12	16	12	16	13	16
Número de huevos ovipositados parasitados – Semana 6										
Bajo	18	17	16	17	18	17	16	16	15	19
Medio	11	11	11	13	11	11	11	12	10	13
Alto	8	8	8	6	6	8	5	7	6	8

Anexo 7. Registro de datos en la semana 5 de evaluación

Estratos	Muestréos									
	m1	m2	m3	m4	m5	m6	m7	m8	m9	m10
Número de huevos ovipositados – Semana 5										
Bajo	28	25	24	27	29	24	28	24	28	29
Medio	19	21	20	20	18	18	20	20	21	20
Alto	13	16	12	16	12	17	12	12	15	13
Número de huevos ovipositados parasitados – Semana 5										
Bajo	19	17	16	18	20	16	19	16	19	19
Medio	11	11	12	12	10	10	11	11	11	12
Alto	6	7	6	8	6	8	5	5	7	6



Anexo 8. Preparación de las estaciones de *Trichogramma pretiosum*



Anexo 9. Evaluación del número de huevos ovipositados en el estrato bajo



Anexo 10. Registro de datos en la semana 5 de evaluación



Anexo 11. Toma de dato en el cultivo de maíz