



UNIVERSIDAD TÉCNICA ESTATAL DE QUEVEDO
FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS
CARRERA DE AGRONOMÍA

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

Título del Proyecto de Investigación:

“Eficiencia del manejo agroecológico de la principal plaga *Spodoptera frugiperda* del cultivo de maíz (*Zea mays* L.) en la época lluviosa”

Autor:

Luis Carlos Pilla Bardales

Director del Proyecto de Investigación:

Ing. Agrop. César Ramiro Bermeo Toledo, M. Sc.

Quevedo – Los Ríos – Ecuador

2021

DECLARACIÓN DE AUTORÍA Y CESIÓN DE DERECHOS

Yo, **Luis Carlos Pilla Bardales**, 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 el presente 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 normatividad institucional vigente.

f. _____

Luis Carlos Pilla Bardales

CERTIFICACIÓN DE CULMINACIÓN DE PROYECTO DE INVESTIGACIÓN

El suscrito, Ingeniero **César Ramiro Bermeo Toledo**, Docente de la Universidad Técnica Estatal de Quevedo, certifica que el estudiante **Luis Carlos Pilla Bardales**, realizó el Proyecto de Investigación de grado titulado “Eficiencia del manejo agroecológico de la principal plaga (*Spodoptera frugiperda*) del cultivo de maíz (*Zea mays* L.) en la época lluviosa”, previo a la obtención del título de Ingeniero Agrónomo, bajo mi dirección, habiendo cumplido con las disposiciones reglamentarias establecidas para el efecto.

Ing. Agrop. César Ramiro Bermeo Toledo, M. Sc.

DIRECTOR PROYECTO DE INVESTIGACIÓN

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

El suscrito **Ing. Agrop. César Ramiro Bermeo Toledo, M. Sc.**, Docente de la Universidad Técnica Estatal de Quevedo, en calidad de Director del Proyecto de Investigación titulado “**Eficiencia del manejo agroecológico de la principal plaga (*Spodoptera frugiperda*) del cultivo de maíz (*Zea mays* L.) en la época lluviosa**”, perteneciente al estudiante de la carrera de Agronomía **Luis Carlos Pilla Bardales**, 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 7%



The image shows a screenshot of the Urkund analysis result. At the top, the Urkund logo is displayed. Below it, the title "Urkund Analysis Result" is centered. The report details the analyzed document as "LUIS PILLA URKUND.docx (D111169656)", submitted on "8/11/2021 2:19:00 PM" by "cbermeo@uteq.edu.ec", with a significance of "7 %". It lists several sources included in the report, such as "Suarez - Proyecto de investigación Urkund.docx (D16202023)", "Suarez - Proyecto de investigación Urkund.docx (D16202066)", "Tesis Wimper Ibariguano corregido por ing. Gavilanes.docx (D15696952)", and three PDF files from the UTEQ repository. Finally, it states that the selected sources appear 34 times.

Urkund

Urkund Analysis Result

Analysed Document: LUIS PILLA URKUND.docx (D111169656)
Submitted: 8/11/2021 2:19:00 PM
Submitted By: cbermeo@uteq.edu.ec
Significance: 7 %

Sources included in the report:

- Suarez - Proyecto de investigación Urkund.docx (D16202023)
- Suarez - Proyecto de investigación Urkund.docx (D16202066)
- Tesis Wimper Ibariguano corregido por ing. Gavilanes.docx (D15696952)
- <https://repositorio.uteq.edu.ec/bitstream/43000/6049/1/T-UTEQ-0274.pdf>
- <https://repositorio.uteq.edu.ec/bitstream/43000/6058/1/T-UTEQ-0282.pdf>
- <https://docplayer.es/117511393-Manejo-agroecologico-de-plagas-manejo-alternativas-sostenibles-para-el-control-de-plagas-en-la-costa-de-oaxaca.html>

Instances where selected sources appear:

34

Ing. Agrop. César Ramiro Bermeo Toledo, M. Sc.

Director del Proyecto de Investigación



UNIVERSIDAD TÉCNICA ESTATAL DE QUEVEDO
FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS
CARRERA DE AGRONOMIA

PROYECTO DE INVESTIGACIÓN

Título del Proyecto de Investigación:

“Eficiencia del manejo agroecológico de la principal plaga *Spodoptera frugiperda* del cultivo de maíz (*Zea mays* L.) en la época lluviosa”

Presentado a la Comisión Académica como requisito previo a la obtención del título de Ingeniero Agrónomo.

Aprobado por:

Ing. Ramiro Remigio Gaibor Fernández, M. Sc.

PRESIDENTE DEL TRIBUNAL DE TESIS

Ing. Luis Alberto Godoy Montiel, PhD.

MIEMBRO DEL TRIBUNAL DE TESIS

Ing. David Wellington Campi Ortíz, M. Sc.

MIEMBRO DEL TRIBUNAL DE TESIS

QUEVEDO – LOS RÍOS- ECUADOR

2021

AGRADECIMIENTOS

En primer lugar, anhelo expresar mi agradecimiento a Dios por guiarme de su mano al buen camino, dándome fuerzas, valor y así permitiéndome conseguir uno de los logros más deseados para mí y mi familia.

Le doy gracias a mis padres Carlos, Teresa y Amparito porque por ellos soy quien soy, apoyándome en todo momento ya sea en lo emocional y económico para prosperar como un buen profesional, siendo un pilar fundamental en el camino de mi vida inculcándome buenos valores, por el esfuerzo y trabajo que realizaron para tener una sublime educación y poder cumplir mi carrera universitaria.

Gracias a mis amigos Yosselin Castro, Génesis Moreira, Marcel González y Limber Barahona por haberme tenido la paciencia necesaria y ser un gran apoyo en los buenos y malos momentos que pasamos en todo el transcurso de la carrea, logrando con una gran persistencia nuestro objetivo.

De manera cordial agradecer a los Ingenieros Ramiro Gaibor y Cesar Bermeo que me brindaron el apoyo, experiencia y orientación para la elaboración de mi proyecto de investigación.

Luis Carlos Pilla Bardales

DEDICATORIA

El presente proyecto de investigación está dedicado a Dios por ser mi guía y brindarme una vida saludable, por darme la oportunidad de vivir estos momentos valiosos de mi carrera universitaria junto a mi familia.

A mis padres Teresa Bardales, Amparito Pilla y Carlos Pilla, mi hermano Carlos Javier Pilla, a toda mi familia que me brindó su apoyo incondicional, aconsejándome e instruyéndome para que creciera como profesional y tuvieron fe que cumpliría todos mis objetivos propuestos.

A mis amigos Yosselin, Génesis, Marcel y Limber que formamos un excelente equipo de trabajo y supimos afrontar los problemas que se nos presentaban a lo largo de la carrera estudiantil.

A cada uno de ellos les dedico mis éxitos logrados en la vida como persona y estudiante, siendo el soporte para mi vida a lo largo de mi carrera universitaria.

Luis Carlos Pilla Bardales

RESUMEN EJECUTIVO

La presencia de plagas aún persiste en los cultivos de maíz y por ende son los que limitan su producción, así como también pueden afectar al cultivo dependiendo de su fisiología ya sea como cortador o barrenador, provocando daños en las mazorcas. Por esta razón se buscaron métodos alternativos para controlar el gusano cogollero (*Spodoptera frugiperda*), con el fin de no utilizar productos químicos. Este estudio se realizó con el objetivo de validar una tecnología para el manejo agroecológico de *S. frugiperda* en maíz, presentando como tratamientos en estudio *Beauveria Bassiana* (4; 6 y 5 L/ha⁻¹) y extracto de Neem (1.8 L/ha⁻¹). El experimento fue desarrollado en dos localidades del Cantón Mocache, Provincia de los Ríos, como lo son El Pechiche y Las Palmas. El diseño experimental que se utilizó fue de bloques completos al azar (DBCA) con cuatro tratamientos y cuatro repeticiones; para la comparación de medias se utilizó la prueba de rangos múltiples de Tukey al 5% de probabilidad. De acuerdo con los resultados obtenidos, el menor grado de daño se obtuvo por medio del tratamiento *Beauveria bassiana* + extracto de Neem en dosis de 4 L/ha⁻¹ en la localidad Las Palmas a los 3, 5 y 8 días después de la aplicación con un nivel de daño por insectos de 1.55; 1.85 y 2.23 respectivamente; mientras que el porcentaje de incidencia más bajo lo registró el tratamiento químico (Lorsban) a los 8 días después de la aplicación con 1.67 en Las Palmas la eficacia más alta se dio con el mismo tratamiento a los 8 días después de la aplicación con un promedio de 57.5% en El Pechiche. En el área de estudio se encontraron diferentes insectos benéficos para el control agroecológico de *S. frugiperda*, entre los que destacan *Crisopa sp*, *Cycloneda sanguinea* y *Coleomegilla maculata* observándose 423, 367 y 207 especímenes, respectivamente. *Beauveria bassiana* (4 L/ha⁻¹) + extracto de Neem (1.8 L/ha⁻¹) resultó ser el tratamiento más efectivo y eficaz en las variables número de mazorca sanas, número de mazorcas enfermas, número de hileras por mazorca, peso de 100 semillas y número de granos por hilera, tanto en la localidad de El Pechiche como en Las Palmas. El bioinsecticida demostró su efecto controlador en poblaciones de *S. frugiperda* y mejor comportamiento agronómico del cultivo en ambas localidades bajo estudio. El tratamiento *Beauveria bassiana* + extracto de Neem (6 L/ha⁻¹), presentó mejores rendimientos en ambas localidades con 2.28 y 2.32 ton/ha.

Palabras claves: Manejo agroecológico, bioinsecticida, *Spodoptera frugiperda*, *Beauveria bassiana*, Neem.

SUMMARY

The presence of pests still persists in the corn crops being the factors that limit their production and productivity, among which we find; the bud of the corn, which can affect the crop in its physiology as cutter, borer, bud and damaging the cobs. For this reason, alternative methods to control fall armyworm were sought, in order not to use chemicals. This study was carried out in two localities of the Mocache Canton, Province of the Rivers, with the aim of developing a technology for the agroecological management of the bud worm (*Spodoptera frugiperda*) in corn, presenting as treatments in study *Beauveria Bassiana* (4; 6 and 5 litres/ha) + Neem extract (1.8 litres/ha). The experiment was developed in two locations such as Pechiche and Las Palmas. The experimental design used was complete randomized blocks (BCA) with 4 treatments and 4 repetitions; for the comparison of means, the Tukey test was used at 5% probability. According to the results obtained, different insects beneficial for the agroecological control of *Spodoptera frugiperda* were found in the study area, among which are *Crisopa* sp, *Cycloneda sanguinea* and *Coleomegilla maculata* observing 423, 367 and 207 specimens, respectively. *Beauveria bassiana* (4 litres/ha) + Neem extract (1.8 litres/ha) proved to be the most effective and effective in the variables number of healthy cobs, number of diseased cobs, number of rows per cob, weight of 100 seeds and number of grains per row both in the town of Pechiche and in Las Palmas. The bioinsecticide demonstrated its controlling effect in populations of *Spodoptera frugiperda* and improved agronomic behavior of the crop in both locations under study.

Key words: Agroecological management, bioinsecticide, *Beauveria bassiana*, Neem.

CÓDIGO DUBLIN

Título:	Eficiencia del manejo agroecológico de la principal plaga (<i>Spodoptera frugiperda</i>) del cultivo de maíz (<i>Zea mays</i> L.) en la época lluviosa		
Autor:	Luis Carlos Pilla Bardales		
Fecha de publicación:			
Palabras clave:	Manejo agroecológico	Bioinsecticida	Beauveria bassiana
Resumen:	<p>La presencia de plagas aún persiste en los cultivos de maíz y por ende son los que limitan su producción, así como también pueden afectar al cultivo dependiendo de su fisiología ya sea como cortador o barrenador, provocando daños en las mazorcas. Por esta razón se buscaron métodos alternativos para controlar el gusano cogollero (<i>Spodoptera frugiperda</i>), con el fin de no utilizar productos químicos. Este estudio se realizó con el objetivo de validar una tecnología para el manejo agroecológico de <i>S. frugiperda</i> en maíz, presentando como tratamientos en estudio Beauveria Bassiana (4; 6 y 5 L/ha⁻¹) y extracto de Neem (1.8 L/ha⁻¹).</p> <p>El experimento fue desarrollado en dos localidades del Cantón Mocache, Provincia de los Ríos, como lo son El Pechiche y Las Palmas. El diseño experimental que se utilizó fue de bloques completos al azar (DBCA) con cuatro tratamientos y cuatro repeticiones; para la comparación de medias se utilizó la prueba de rangos múltiples de Tukey al 5% de probabilidad. De acuerdo con los resultados obtenidos, el menor grado de daño se obtuvo por medio del tratamiento <i>Beauveria bassiana</i> + extracto de Neem en dosis de 4 L/ha⁻¹ en la localidad Las Palmas a los 3, 5 y 8 días después de la aplicación con un nivel de daño por insectos de 1.55; 1.85 y 2.23 respectivamente; mientras que el porcentaje de incidencia más bajo lo registró el tratamiento químico (Lorsban) a los 8 días después de la aplicación con 1.67 en Las Palmas la eficacia más alta se dio con el mismo tratamiento a los 8 días después de la aplicación con un promedio de 57.5% en El Pechiche.</p>		
Descripción:			
URI:			

TABLA DE CONTENIDO

DECLARACIÓN DE AUTORÍA Y CESIÓN DE DERECHOS	ii
CERTIFICACIÓN DE CULMINACIÓN DE PROYECTO DE INVESTIGACIÓN	iii
CERTIFICADO DE LA HERRAMIENTA DE PREVENCIÓN DE COINCIDENCIA Y/O PLAGIO ACADÉMICO	iv
AGRADECIMIENTOS	vi
DEDICATORIA	vii
RESUMEN EJECUTIVO	viii
SUMMARY	ix
CÓDIGO DUBLIN	x
INTRODUCCIÓN	2

CAPÍTULO I. CONTEXTUALIZACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN

1.1. Problema de investigación	5
1.1.1. Planteamiento del problema	5
1.1.2. Formulación del problema	5
1.1.3. Sistematización del problema	5
1.2. Objetivos	6
1.2.1. Objetivo general	6
1.3. Justificación	7

CAPÍTULO II. FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA DE LA INVESTIGACIÓN

2.1. Marco teórico	9
2.1.1. Generalidades del maíz	9
2.1.1.1. Condiciones edafoclimáticas	9
2.1.1.2. Suelo	9
2.1.2. Morfología del cultivo	9
2.1.3. Manejo agroecológico del cultivo de maíz	10
2.1.3.1. Control de maleza en maíz agroecológico	11
2.1.3.2. Reducir el banco de semillas de malezas	11
2.1.3.3. Deshierbe manual	11
2.1.4. Gusano Cogollero (<i>Spodoptera frugiperda</i>)	12

2.1.5.	Descripción de <i>Spodoptera frugiperda</i>	12
2.1.5.1.	Clasificación taxonómica	12
2.1.5.2.	Ciclo Biológico	13
2.1.5.3.	Daños	14
2.1.6.	Controles.....	15
2.1.6.1.	Control etológico	15
2.1.6.2.	Control botánico	15
2.1.6.3.	Control biológico	15
2.1.7.1.	Insecticida Entomopatógeno <i>Beauveria bassiana</i>	16
2.1.7.2.	Extracto natural de Neem.....	17

CAPÍTULO III. METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

3.1.	Ubicación del experimento	20
3.2.	Tipo de investigación	20
3.3.	Métodos de investigación	20
3.4.	Fuentes de información	20
3.5.	Factor de estudio	21
3.6.	Tratamientos estudiados	21
3.7.	Diseño experimental y análisis estadístico.....	21
3.7.1.	Esquema del análisis de varianza	21
3.8.	Especificaciones del experimento.....	22
3.8.1.	Manejo del experimento.....	22
3.8.2.	VARIABLES REGISTRADAS	23
3.9.	Recursos humanos y materiales	26
3.9.1.	Materiales de campo	26
3.9.2.	Materiales de Oficina	27
3.9.3.	Material de siembra.....	27
3.9.4.	Insumos.....	27
3.9.5.	Materiales de laboratorio.	28

CAPÍTULO IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1.	Resultados	30
4.1.1.	Evaluación de daño por <i>Spodoptera frugiperda</i> en hojas	30

4.1.2.	Porcentaje de incidencia y eficacia de control larvas de <i>Spodoptera frugiperda</i>	31
4.1.3.	Insectos benéficos en el área de estudio	35
4.1.4.	Número de mazorcas sanas	35
4.1.5.	Número de mazorcas enfermas	37
4.1.6.	Número de granos por hilera	38
4.1.8.	Número de hileras por mazorca	40
4.1.9.	Rendimiento del cultivo	41
4.1.10.	Análisis económico	42
4.2.	Discusión.....	37

CAPÍTULO V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1.	Conclusiones	40
5.2.	Recomendaciones	41

CAPÍTULO VI. BIBLIOGRAFÍA

6.1.	Bibliografía	43
------	--------------------	----

CAPÍTULO VII. ANEXOS

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Coordenadas geográficas de las localidades en estudio	20
Tabla 2. Evaluación de daño por <i>Spodoptera frugiperda</i> en la localidad el Pechiche y Las Palmas.....	30
Tabla 3. Eficacia del control del gusano cogollero en dos localidades del Cantón Mocache - 3 DDA.....	31
Tabla 4. Incidencia de daño del gusano cogollero en dos localidades del Cantón Mocache - 3 DDA.....	32
Tabla 5. Eficacia del control del gusano cogollero en dos localidades del Cantón Mocache - 5 DDA.....	33
Tabla 6. Incidencia de daño del gusano cogollero en dos localidades del Cantón Mocache - 5 DDA.....	33
Tabla 7. Eficacia del control del gusano cogollero en dos localidades del Cantón Mocache - 8 DDA.....	34
Tabla 8. Incidencia de daño del gusano cogollero en dos localidades del Cantón Mocache - 8 DDA.....	34
Tabla 9. Insectos benéficos encontrados en la localidad del Pechiche y Las Palma ..	35
Tabla 10. Número de mazorcas sanas en las localidades El Pechiche y Las Palmas ..	36
Tabla 11. Número mazorca enfermas en las localidades El Pechiche y Las Palmas ..	37
Tabla 12. Número granos por hilera en las localidades El Pechiche y Las Palmas. ...	38
Tabla 13. Peso de 100 semillas en las localidades El Pechiche y Las Palmas.	39
Tabla 14. Número de hileras por mazorca en las localidades El Pechiche y Las P.....	40
Tabla 15. Rendimiento en las localidades El Pechiche y Las Palmas.	41
Tabla 16. Análisis económico del cultivo en función de los costos de producción	42

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1.	Preparación del terreno.....	47
Anexo 2.	Siembra de maíz híbrido 3M51	47
Anexo 3.	Preparación del extracto natural de hoja de Neem	48
Anexo 4.	Producto comercial <i>Beauveria bassiana</i>	48
Anexo 5.	Fertilización edáfica al cultivo de maíz.....	49
Anexo 6.	Aplicación de los tratamientos para el control del gusano cogollero (Pechiche).....	49
Anexo 7.	Aplicación de los tratamientos para el control del gusano cogollero (Pechiche).....	50
Anexo 8.	Registro de insectos benéficos presentes en el cultivo	50
Anexo 9.	Registro de mazorcas sanas y enfermas (Las Palmas)	50
Anexo 10.	Registro de mazorcas sanas y enfermas (Pechiche)	51
Anexo 11.	Registro de fotos del peso de 100 semillas por tratamiento	52

INTRODUCCIÓN

El maíz (*Zea mays L.*) es uno de los cultivos más importantes para la alimentación de los ecuatorianos ya que su producción provee la materia prima para la agroindustria y la alimentación humana. De acuerdo con las estadísticas de la FAO en el año 2016 la superficie sembrada fue de 485.696 hectáreas con una producción de 1'667.704 toneladas y un rendimiento de 3.17 ton/h⁻¹ (Jaen, 2020). En la actualidad, la producción nacional está orientada principalmente a los tipos duro y suave de color amarillo; el rendimiento promedio del maíz amarillo duro en los años 2015 y 2016 tal como lo menciona Caviedes (2019), considerando dos ciclos de siembra fue de 5.76 ton/h⁻¹ según estimaciones del Ministerio de Agricultura, estas mejoras en la productividad podrían atribuirse principalmente a dos factores: utilización de semilla de híbridos de alto potencial de rendimiento y una política de precios mínimos de sustentación para el productor, que permitieron incrementar significativamente los ingresos de pequeños y medianos productores de maíz.

Según estadísticas del MAG en Ecuador en el año 2018 se sembraron alrededor de 250.000 hectáreas de maíz y existen cerca de 60.000 maiceros en las provincias de Manabí, Los Ríos, Guayas y Loja (Productor, 2019), además del total de la producción de maíz duro cerca del 75% adquiere la industria nacional para la elaboración de alimento balanceado que luego se transforma en proteína animal, principalmente ave y cerdos.

El gusano cogollero (*Spodoptera frugiperda*) es una plaga que causa grandes pérdidas en más de 80 especies vegetales, entre ellos cultivos de importancia económica como son el maíz, arroz, sorgo, trigo, caña de azúcar, algodón y varios otros cultivos vegetales.

Las polillas realizan tanto el hábito migratorio como un hábito de dispersión más localizado. Pueden migrar más de 500 km (300 millas) antes de la oviposición, lo que puede provocar una mayor propagación y daños en un periodo corto (Chango, 2012). El insecto causa graves daños en el maíz y se han registrado pérdidas de rendimiento de 39% a más del 70%.

El pequeño productor basa el control del gusano cogollero en el uso de insecticidas químicos con diferentes ingredientes activos, dosis y/o modalidad de aplicación, el uso excesivo de estos insecticidas afecta al medio ambiente y la salud del productor (Tejeda et al., 2016). Las alternativas viables con el fin de tener una producción sana libre de productos tóxicos con bajos poderes residuales, es un reto de las nuevas propuestas de agricultura sostenibles y sustentables y que sean accesibles para el agricultor.

El presente trabajo tiene como finalidad realizar una investigación para controlar esta plaga como es el gusano cogollero (*S. frugiperda*) en el cultivo de maíz, aplicando la combinación de *Beauveria bassiana* (entomoplaguicida) y extracto natural de Neem, como insecticida orgánico, para un control amigable con el ambiente, la salud del productor y del consumidor.

CAPÍTULO I

CONTEXTUALIZACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN

1.1. Problema de investigación

1.1.1. Planteamiento del problema

El insecto plaga *Spodoptera frugiperda*, también denominado “gusano cogollero”, está entre los más dañinos para varios cultivos. Su acción en cultivos de maíz ocasiona enormes pérdidas económicas para los productores, los cuales realizan una inversión en paquetes de insumos haciendo un uso indiscriminado de estos, causando daños al ambiente y resistencia del insecto a estos insumos.

Por lo mencionado anteriormente, surge la necesidad de buscar un control alternativo que sea amigable con el medio ambiente, así como con la salud del ser humano, y que realice un control satisfactorio de la plaga. Los bioinsecticidas han mostrado ser eficientes en la prevención de un sin número de plagas en la agricultura los cuales serían una alternativa de prevención para el gusano cogollero en el cultivo de maíz.

1.1.2. Formulación del problema

¿El manejo agroecológico reducirá el impacto de las principales plagas del cultivo de maíz (*Zea maíz L.*)?

1.1.3. Sistematización del problema

¿Cuál será el porcentaje de efectividad en el manejo agroecológico del maíz contra el gusano cogollero (*Spodoptera frugiperda*)?

¿Cuál será el tratamiento que tenga mayor vulnerabilidad contra el gusano cogollero?

1.2. Objetivos

1.2.1. Objetivo general

Desarrollar una tecnología para el manejo agroecológico del gusano cogollero (*Spodoptera frugiperda*) en maíz.

1.2.2. Objetivos específicos

- Determinar la eficacia de bioinsecticidas para el combate del gusano cogollero (*S. frugiperda*) en el cultivo de maíz.
- Determinar el efecto de estos bioinsecticidas sobre las poblaciones de enemigos naturales del gusano cogollero.
- Realizar un análisis económico de rendimiento del cultivo en función de los costos de tratamientos.

1.3. Justificación

El cultivo de maíz al estar considerado como uno de los cultivos de importancia económica y social, ya que de él depende un gran número de productores, pequeño, medianos y grandes que sustentan su economía y la del país con este cultivo y que la realizan generalmente en las dos épocas especialmente el litoral ecuatoriano en condiciones de secano (dependientes de las precipitaciones) y también en condiciones de humedad remanente, luego de concluido el periodo lluvioso; sin embargo esta bondad climática natural del país se ve amenazada en cuanto el rendimiento por la presencia de plagas como el gusano cogollero (*Spodoptera frugiperda*); siendo necesario la búsqueda de alternativas para su control que sean amigables con el ambiente y que causen el menor daño posible al consumidor a la vez que permitan alcanzar los rendimientos potenciales de los materiales genéticos que se siembran.

Entre los mecanismos de control aplicados por los agricultores está el suso de agroquímicos, que no garantizan inocuidad en las cosechas, de allí la necesidad de evaluar los bioinsecticidas como *Beauveria bassiana*, el extracto natural de Neem y la combinación de ambos productos como una alternativa de control agroecológica ya que son insecticidas no residuales, de fácil degradación, y que presentan efectos positivos en el control del gusano cogollero, sin tener efectos nocivos como los insecticidas sintéticos.

La presente investigación nace con la finalidad de ayudar a los pequeños productores de maíz de la zona de Mocache y los cantones que lo rodean, dando a conocer la eficacia y eficiencia de la utilización de bioinsecticidas o controladores de insectos a base de *Beauveria bassiana* en combinación con extracto natural de Neem como una alternativa de control del gusano cogollero ya que son insecticidas no contaminantes al ambiente.

CAPÍTULO II

FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA DE LA INVESTIGACIÓN

2.1. Marco teórico

2.1.1. Generalidades del maíz

El maíz es de gran importancia económica a nivel mundial ya sea como alimento humano, como alimento para el ganado o como fuente de un gran número de productos industriales. La diversidad de los ambientes bajo los cuales es cultivado el maíz es mucho mayor que la de cualquier otro cultivo. Hoy en día se cultiva hasta los 58° de latitud norte en Canadá y en Rusia y hasta los 40° de latitud sur en Argentina y Chile (Guamán, Desiderio, Villavicencio, Ulloa, & Romero, 2020).

2.1.1.1. Condiciones edafoclimáticas

- Precipitación: 550 mm a 2000 mm/año - Altitud: 45 a 125 msnm
- pH: 5.5 a 7.3 - Radicación solar: 750 a 1000 horas luz/año
- Temperatura: para un desarrollo normal de la planta, necesita una temperatura promedio de 24 °C, pudiendo oscilar entre 24 y 30 °C; con temperaturas superiores a 30 °C, la planta puede marchitarse; y temperaturas inferiores a 13 °C el crecimiento se detiene o es lento (Ruiz Corral, y otros, 2013).

2.1.1.2. Suelo

El maíz se adapta a una amplia variedad de suelos donde puede producir buenas cosechas, si se emplean los cultivares adecuados y técnicas de cultivo apropiadas. En general, los suelos más idóneos para el cultivo del maíz son los de textura media (francos), fértiles, bien drenados, profundos y con elevada capacidad de retención para el agua. El maíz, en general, crece bien en suelos con pH entre 5.5 y 7.8. Fuera de estos límites suele aumentar o disminuir la disponibilidad de ciertos elementos y se produce toxicidad o carencia (Deras, 2018).

2.1.2. Morfología del cultivo

Raíces: Está conformado por la raíz principal y las raíces adventicias. La primera está representada por un grupo de una a cuatro raíces que pronto dejan de funcionar; es originada

en el embrión y se desarrolla en la germinación de la semilla, suministra nutrientes a las semillas durante las primeras dos semanas (Ramírez, 2017).

Tallo: El tallo central del maíz es un eje formado por nudos y entrenudos, cuyo número y longitud varían notablemente. La parte inferior y subterránea del tallo, la corona, tiene entrenudos muy cortos, de los que salen las raíces principales y los tallos o brotes principales y los tallos o brotes laterales (Echeverría, 2014).

Hojas: Son similares a las de otras gramíneas, están constituidas de vaina, cuello y lámina. La vaina es una estructura cilíndrica, abierta hasta la base 29 que sale de la parte superior del nudo. El cuello es la zona de transición entre la vaina envolvente y la lámina abierta (Castro, 2012).

Flores: el maíz es una planta monoica, es decir, presenta en la misma planta flores masculinas y femeninas. Las flores masculinas se agrupan en una panícula terminal llamada espiga, y las femeninas se reúnen en varias panojas o mazorcas que nacen de las axilas de las hojas del tercio medio de la planta. Cuando las condiciones fisiológicas y ambientales lo permiten, las anteras liberan el polen y se produce la polinización, que ocurre casi siempre dos a tres días antes de la aparición de los estigmas o cabellos de la mazorca (Ospina, 2015).

Fruto: En la mazorca, cada grano o semilla es un fruto independiente llamado cariósipide que está insertado en el raquis cilíndrico u olote; la cantidad de grano producido por mazorca está limitada por el número de granos por hilera y de hileras por mazorca (Quijije, 2016).

2.1.3. Manejo agroecológico del cultivo de maíz

Según Fleita y Almada (2011) se pueden realizar prácticas agroecológicas que disminuyan el impacto negativo en el cultivo de maíz, estas prácticas involucran el no hacer uso y la no aplicación de productos de síntesis química tales como los fertilizantes, fungicidas, insecticidas, hormonas, herbicidas, entre otros.

Dentro del ciclo agrícola, es necesario considerar los diversos factores que intervienen para lograr sistemas agroecológicos estables, confiables, resilientes y productivos. Las acciones

que el agricultor realiza para mejorar su sistema de producción agrícola son componentes que operan de manera conjunta y derivarán en mejores condiciones para el desarrollo del cultivo y, por ende, en mayores rendimientos.. Las interacciones que el productor realiza teniendo conocimiento de estos factores facilitan e impulsan la adopción de tecnologías y alternativas sustentables que conducen a un manejo agronómico adecuado, rentable y respetuoso del entorno (CIMMYT, 2018).

2.1.3.1. Control de maleza en maíz agroecológico

En el contexto agroecológico, las malezas son producto de la selección interespecífica provocada por el propio hombre desde el momento que comenzó a cultivar, lo que condujo a alterar el suelo y el hábitat. El proceso de selección es continuo y dependiente de las prácticas que adopte el agricultor. (FAO, 2006).

La agricultura de conservación es una muy buena alternativa para hacer un manejo diferente del convencional, ya que, al dejar el mantillo sobre la superficie, se genera un acolchado orgánico. Así mismo la rotación de cultivos, práctica de la agricultura de conservación, interviene dentro de la dinámica de las malezas, buscando alterar los ciclos biológicos e interfiriendo en la presión de selección de las malezas, variación en la competencia por nutrientes y espacio, que genera alelopatía entre especies no afines (CIMMYT, 2017).

2.1.3.2. Reducir el banco de semillas de malezas

Los bancos de malezas no son tenidos en cuenta como técnica de manejo y es un elemento útil, porque permite determinar a qué profundidad se encuentran las malezas y así determinar la profundidad de preparación o el implemento adecuado para reducir poblaciones de malezas (Arciniegas, 2015).

2.1.3.3. Deshierbe manual

Es un método que requiere de mucha mano de obra, y que actualmente se deja como última medida debido al alto costo que representa en algunos casos. El uso de herramientas

adecuadas incrementa la efectividad del control. Asimismo, es más fácil eliminar malezas cuando están pequeñas (Guevara, 2020).

2.1.4. Gusano Cogollero (*Spodoptera frugiperda*)

El gusano cogollero del maíz (*Spodoptera frugiperda*) es una plaga de insectos que afecta a más de 80 especies de plantas y causa daños a cereales cultivados de importancia económica como el maíz, el arroz y el sorgo y también a los cultivos de hortalizas y al algodón.

Es originario de los trópicos del continente americano, incluyendo las islas del Caribe y del Pacífico. Se considera ampliamente distribuido en este continente, y se ha reportado su existencia en Canadá, Estados Unidos, México, El Salvador, Perú, Chile, Brasil, Jamaica, Argentina, etc. Es durante la fase larval cuando el insecto causa los daños. La tasa de reproducción del gusano cogollero del maíz es de varias generaciones por año, y la polilla puede volar hasta 100 km por noche (FAO, 2017).

Presenta dimorfismo sexual, las características distintivas del macho son: expansión alar de 32 a 35 mm; longitud corporal de 20 a 30 mm; siendo las alas anteriores pardo-grisáceas con algunas pequeñas manchas violáceas con diferente tonalidad, en la región apical de estas se encuentra una ancha blanquecina notoria, orbicular tiene pequeñas manchas diagonales, una bifurcación poco visible. Las alas posteriores no presentan tintes ni venación coloreada, siendo más bien blanquecina, las hembras tienen una expansión alar que va de los 25 a 40 mm, faltándole la marca diagonal prominente en las anteriores que son poca agudas, grisáceas, no presentan contrastes; la mancha orbicular es poco visible; la línea postmedial doble y fácilmente vista (Chango, 2012).

2.1.5. Descripción de *Spodoptera frugiperda*

2.1.5.1. Clasificación taxonómica

De acuerdo con Romero (2018), la clasificación taxonómica del gusano cogollero es la siguiente:

Reino: Animal

Phylum: Artrópoda

Clase: Insecta

Familia: Noctuidae

Género: Spodoptera

Especie: *S. frugiperda*

2.1.5.2. Ciclo Biológico

Según la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO, 2017) el ciclo biológico de *Spodoptera frugiperda* es el siguiente: Huevo: Los huevos se depositan en más de 50 – 200 huevos y eclosionan en 2 – 3 días.

- Larva: Seis estadios; 14 – 22 días
- Pupa: 8 – 30 días
- Adulto: Viven 10 días en promedio, hasta los 21 días.

El cogollero o *Spodoptera frugiperda* pasa por diferentes etapas. Estas etapas son:

Huevo

Chango (2012) argumenta que son de forma globosa, con estrías radiales, de color rosado pálido que se torna gris a medida que se aproxima la eclosión. Las hembras depositan los huevos corrientemente durante las primeras horas de la noche, tanto en el haz como en el envés de las hojas, estos son puestos en varios grupos o masas cubiertas por segregaciones del aparato bucal y escamas de su cuerpo que sirven como protección contra algunos enemigos naturales o factores ambientales adversos.

Larva o gusano

Lezama *et al.* (2005) indican que “las larvas al nacer se alimentan del coreon, más tarde se trasladan a diferentes partes de la planta o a las vecinas, evitando así la competencia por el alimento y el canibalismo”.

Su color varía según el alimento pero en general son oscuras con tres rayas pálidas estrechas y longitudinales; en el dorso se distingue una banda negra más ancha hacia el costado y otra parecida pero amarillenta más abajo, en la frente de la cabeza se distingue una "Y" blanca invertida. Las larvas pasan por 6 ó 7 estadios o mudas, siendo de mayor importancia para tomar las medidas de control los dos primeros; en el primero estas miden hasta 2-3 milímetros y la 32 cabeza es negra completamente, el segundo mide de 4-10 milímetros y la cabeza es carmelita claro; las larvas pueden alcanzar hasta 35 milímetros en su último estadio. A partir del tercer estadio se introducen en el cogollo, haciendo perforaciones que son apreciados cuando la hoja se abre o desenvuelve (García y Tarango, 2009).

Pupa

Romero (2018) menciona que las pupas son de color caoba y miden 14 a 17 milímetros de longitud, con su extremo abdominal (cremaster) terminando en 2 espinas o ganchos en forma de "U" invertida. Esta fase se desarrolla en el suelo y el insecto está en reposo hasta los 8 a 10 días en que emerge el adulto o mariposa.

Adulto o mariposa

Romero (2018) sostiene que la mariposa vuela con facilidad durante la noche, siendo atraída por la luz; es de coloración gris oscura, las hembras tienen alas traseras de color blancuzco, mientras que los machos tienen arabescos o figuras irregulares llamativas en las alas delanteras, y las traseras son blancas. En reposo doblan sus alas sobre el cuerpo, formando un ángulo agudo que permite la observación de una prominencia ubicada en el tórax. Permanecen escondidas dentro de las hojarascas, entre las malezas, o en otros sitios sombreados durante el día y son activas al atardecer o durante la noche cuando son capaces de desplazarse a varios kilómetros de distancia, especialmente cuando soplan vientos fuertes (Muñoz, y otros, 2017).

2.1.5.3. Daños

En maíz maduro pueden trozar tallos y mazorcas produciendo daños parciales o frecuentemente letales. Dañan el follaje y seguidamente se dirigen al cogollo. Permanecen

ocultas dentro del cogollo, mientras se alimentan. El gusano cogollero hace raspaduras sobre las partes tiernas de las hojas, una vez que la larva alcanza cierto desarrollo, empieza a comer follaje en el cogollo (Crescencio, 2016).

2.1.6. Controles

2.1.6.1. Control etológico

Es la utilización de métodos de represión que aprovechan las reacciones de comportamiento de los insectos, es decir, el comportamiento de la plaga se usa para controlarla (trampas de luz o de color que atraen a la plaga a controlar). El comportamiento está determinado por la respuesta de los insectos a la presencia u ocurrencia de estímulos que son predominantemente de naturaleza química, aunque también hay estímulos físicos y mecánicos (Leana, Vidal, Castro, & Romero, 2016).

2.1.6.2. Control botánico

El extracto de vegetales ocupa un lugar importante dentro del uso de la agricultura orgánica. La información referente a extractos vegetales para el control de enfermedades criptogámicas y bacteriales es mucho más escasa que en el caso del control de plagas de insectos, debido principalmente a que los cambios son menos perceptibles y por lo tanto más difíciles de estudiar (Torres, 2015).

El empleo de estos extractos en la agricultura ecológica es una alternativa natural y rentable que permite producir alimentos de buena calidad, con un beneficio para el medio ambiente y la salud de los productores y consumidores, ya que el producto no es un elemento tóxico. Esta opción combina y aprovecha aquellas ventajas que brindan las plantas, a través de sus ingredientes activos con comprobada acción insecticida o fungicida (Gimeno, 2006).

2.1.6.3. Control biológico

El control biológico es considerado una alternativa viable y segura para el ambiente este se basa en utilizar organismos vivos sobre insectos plaga. De estos se mencionan a los

microorganismos entomopatógenos como las bacterias, donde se reporta que *Bacillus thuringiensis*, la cual es utilizada en gran medida para el control de insectos plaga, la cual tiene la característica de presentar efecto al ser ingerida por el insecto, esta bacteria produce una parálisis intestinal e impidiendo que siga alimentándose (Hernández *et al.*, 2019).

2.1.7. Bioinsecticidas

Los bioinsecticidas se utilizan para designar a muchos agentes de control de plagas como microorganismos (virus, bacterias, hongos), así como nemátodos entomófagos. La ventaja de estos bioplaguicidas frente a los químicos es que no son dañinos y provocan una menor carga ambiental, además de que atacan a una única plaga o especie. Una de las alternativas más prometedoras y realista es el desarrollo de bioinsecticidas basado en microorganismos (hongos y bacterias) y virus entomopatógenos (Padilla V. , 2017).

2.1.7.1. Insecticida Entomopatógeno *Beauveria bassiana*

Los hongos entomopatógenos constituyen el grupo de mayor importancia en el control biológico de insectos plaga. Prácticamente, todos ellos son susceptibles de padecer las enfermedades causadas por estos hongos. Cuando sus esporas entran en contacto con la cutícula de insectos susceptibles, germinan y crecen directamente a través de ella hacia el interior del cuerpo de su hospedero. Por lo tanto, el hongo prolifera a través del cuerpo del insecto, produce toxinas y consume los nutrientes del insecto, y eventualmente lo destruye. Al inicio de la infección pueden o no observarse síntomas, pero el insecto comienza a perder movilidad y apetito. Al cabo de siete o diez días, muere debido a la deficiencia nutricional (Pacheco, Reséndiz , & Arriola, 2019).

Los hongos entomopatógenos más importantes utilizados en el control de insectos plaga, son *Beauveria bassiana*, *Lecanicillium lecanii*, *Metarhizium anisopliae*, *Isaria fumosorosea* e *Hirsutella thompsonii* Estos hongos pertenecen a la clase Deuteromycete, orden Moniliales, familia Moniliaceae, las cuales afectan a una serie de insectos plaga de diferentes órdenes que causan daños en cultivos de importancia económica. Así mismo, se describe la producción de *Pochonia chlamydosporia*, un hongo nematófago que se utiliza en campo para el control de nematodos como *Meloidogyne incognita* y otros nematodos fitopatógenos que afectan a diversos cultivos (Gómez, Zapata, Torres, & Tenorio, 2014).

Modo de acción del hongo *Beauveria bassiana*

Este hongo está muy asociado al control de insectos del orden Lepidoptera y Coleoptera debido a la efectividad de control que tiene sobre ellos y a la especificidad que posee sobre estos tipos de órdenes. Así como también se ha encontrado a este hongo muy asociado con el control de larvas minadoras del orden Lepidoptera, ya que a diferencia de otras especies de hongos entomopatógenos tiene un potencial antagonista tanto epífita como endófito.

Este potencial le puede atribuir una buena capacidad como controlador de este tipo de insectos, debido a que sus esporas pueden estar presentes en la superficie de las hojas o pueden perdurar durante meses de manera endófito en los tejidos de la planta. Cabe resaltar que al ser este un hongo tanto endófito como epífita puede penetrar a través de las aberturas realizadas por las larvas, logrando prosperar dentro de las minas y llegando a suprimir el desarrollo de la larva a adulto; por lo cual el éxito de infección de cualquier instar es muy alto (Bustamante, 2019).

2.1.7.2. Extracto natural de Neem

El árbol de Neem (*Azadirachta indica* A. Juss) produce un compuesto insecticida natural y biodegradable llamado azadiractina, el cual se concentra en las semillas de los frutos inmaduros y puede ser extraído fácilmente con solventes orgánicos. El poder insecticida de la azadiractina se ha confirmado en 500 especies de insectos plaga y su baja toxicidad en campo para vertebrados e insectos benéfico (parasitoides, abejas y depredadores) ha sido remarcada.

La azadiractina y los otros limonoides de las semillas de Neem inhiben la enzima que cataliza el último paso del proceso que convierte a la ecdisoma en la hormona activa 20-hydroxyecdysone (Guevara, 2020).

Modo de acción del extracto de Neem

El modo de acción de este insecticida es importante explicarlo; el efecto no es inmediato ocurre a los 2 o 3 días cuando los insectos se van o dejan de alimentarse y mueren. Un primer

efecto es un efecto repulsivo: los insectos rechazan consumir las plantas tratadas y las abandonan. El efecto primordial se produce cuando los parásitos ingieren la planta tratada: mueren o sufren trastornos fisiológicos y del comportamiento, letales al fin (3 a 15 días después del tratamiento) como por ejemplo el bloqueo de la metamorfosis de las larvas y ninfas, la esterilización de los adultos o la inhibición de los procesos alimentarios y de masticación. El Neem se comporta como un regulador de crecimiento, actúa sobre los insectos como una hormona juvenil: la azadirachtina, la principal sustancia activa, ingerida por la larva, impide la muda. El insecto permanece en estado larvario y muere. Este segundo efecto es muy importante en el control de insectos perjudiciales: la azadirachtina penetra en la planta y espera a que los insectos succionen la savia (Gimeno, 2009)

CAPÍTULO III

METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

3.1. Ubicación del experimento

El presente trabajo de investigación se realizó en dos localidades del Cantón Mocache y las coordenadas geográficas se describen a continuación:

Tabla 1. Coordenadas geográficas de las localidades en estudio

Localidad	Coordenadas		
	Latitud	Longitud	Altitud
Pechiche	01°05' S	79°29' E	75 msnm
Las Palmas	01°12' S	79°27' E	75 msnm

3.2. Tipo de investigación

La investigación que fue desarrollada es de tipo experimental donde se dio seguimiento mediante la observación directa en el lugar del área cultivada de los tratamientos y los efectos que dieron los insecticidas orgánicos e insecticidas químico, tomando datos relacionados con las variables de cada tratamiento aplicado, para luego tabular datos de todos los tratamientos en evaluación.

3.3. Métodos de investigación

Deductivo: considera que la conclusión se halla implícita dentro de las premisas, esto quiero decir que en base al experimento se obtienen conclusiones para una posible generalización.

3.4. Fuentes de información

La información que se recopiló para la presente investigación fue mediante la observación directa y la respectiva medición de las variables (fuentes primarias).

Así como también fuentes secundarias: revistas, libros, artículos científicos e internet.

3.5. Factor de estudio

Insecticida orgánico a base de *Beauveria bassiana*

3.6. Tratamientos estudiados

N°	Descripción
T ₁	<i>Beauveria Bassiana</i> (4 L/ha ⁻¹) + extracto de Neem (1.8 L/ha ⁻¹).
T ₂	<i>Beauveria Bassiana</i> (5 L/ha ⁻¹) + extracto de Neem (1.8 L/ha ⁻¹).
T ₃	<i>Beauveria Bassiana</i> (6 L/ha ⁻¹) + extracto de Neem (1.8 L/ha ⁻¹).
T ₄	Lorsban Advanced (Clorpirifós) (1 L/ha ⁻¹).

3.7. Diseño experimental y análisis estadístico

Se aplicó el Diseño Bloques Completamente al Azar (DBCA), evaluando cuatro tratamientos (tres dosis de *Beauveria bassiana* más un testigo químico) distribuido en tres repeticiones. Las variables de la investigación fueron sometidas al análisis de varianza (ADEVA), y se aplicó la prueba de rangos múltiples de Tukey al 5% de probabilidad para así obtener la diferencia estadística entre los tratamientos, para este análisis estadístico se utilizó Infostat.

3.7.1. Esquema del análisis de varianza

Fuentes de variación			Grados de libertad
Repeticiones	R-1	4-1	2
Tratamientos	T-1	3-1	3
Error Experimental	(R-1) *(T-1)		6
Total	t*r-1	16-1	11

3.8. Especificaciones del experimento

3.8.1. Manejo del experimento

Preparación del suelo

Para el arado del terreno se realizó labrada mecanizada, del cual se hizo un doble pase de arado de disco para darle una estructura necesaria al suelo y permitir un buen desarrollo radicular de la planta.

Siembra

La siembra fue realizada de manera directa, se utilizaron espeques y piolas, con una distancia de siembra de 20 cm entre plantas y 80 cm entre hileras, teniendo así una densidad poblacional de 62.500 plantas por hectárea, utilizando ese distanciamiento de siembra.

Fertilización

La fertilización se aplicó los 15, 30 y 40 días después de la siembra, teniendo en cuenta las recomendaciones al paquete tecnológico del híbrido 3M51.

Aplicación de los tratamientos

Para la aplicación de Lorsban se utilizó una dosis de 300cc. Para la preparación se diluyó el producto químico en 1 litro de agua y luego se empleó una bomba CP3 para asperjar el mismo sobre el cogollo de la plantas hasta que estas queden humedecidas uniformemente.

El control se realizó en presencia de la plaga *S. frugiperda* mediante una visualización minuciosa de las plantas en evaluación de las cuales se seleccionaron 10 plantas al azar en las dos hileras centrales a los 10 días después de la siembra para determinar el porcentaje de incidencia del gusano Cogollero, en donde los productos en combinación como el hongo entomopatógeno *B. Bassiana* y el extracto de Neem se aplicaron con bomba de mochila CP3 de 20 litros, en diferentes dosificaciones para cada tratamiento.

Preparación de extracto de Neem

Se pesaron 100 g de hojas frescas de Neem en la balanza, se machacaron en un mortero, agregando 150 mL de alcohol, se dejó reposar en un recipiente para maceración durante 24 horas a oscuras y en refrigeración a 18 °C, posterior a esto se destiló la infusión de las hojas con papel filtro para luego envasar en un frasco hermético hasta su utilización, cabe recalcar que el tiempo de almacenamiento de extracto es de 7 días donde, tiempo en el cual conserva sus propiedades.

Cosecha

La cosecha se realizó de manera manual, en el momento que el cultivo alcanzó la maduración fenológica.

3.8.2. Variables registradas

Evaluación de daño por *Spodoptera frugiperda* en hojas

Los daños producidos por el gusano cogollero en las hojas se evaluó 1 días antes y 8 días después de la aplicación de los bioinsecticidas agroecológicos en combinación, lo cual se utilizó la escala de (Davis, 1992), que nos expresa el grado de daño y el estado larvario del gusano.

- **Grado de daño 0-1.** Larvas del primer estadio (L1). Sin daño, o con lesiones como las que hace un alfiler.
- **Grado de daño 2-4.** Momento óptimo de control. Larvas de segundo y tercer estadio (L2-L3). Lesiones tipo "ventanita" o circulares pequeñas (de 1 a 1,5 mm de diámetro aproximadamente) y/o pocas lesiones alargadas pequeñas (1 a 3 cm) sin membrana epidérmica consumida (raspado sin agujero).
- **Grado de daño 5-6.** Larvas de estadios cuarto y quinto (L4 y L5). Agujeros de diferentes tamaños, daño en el cogollo visible. Se pierde eficacia en el control por encontrarse las larvas dentro del cogollo.

- **Grado de daño 7-8-9.** Larvas del sexto estadio (L6). Destrucción evidente del cogollo en diferentes grados con tapón de heces tipo aserrín que impiden por completo el control químico.

Porcentaje de incidencia y eficacia de control de bioinsecticidas agroecológicos aplicados sobre larvas de *Spodoptera frugiperda*

Se determinó el porcentaje de incidencia y eficacia, efectuando la lectura a los 3, 5 y 8 días después de la aplicación del producto, este valor se obtuvo observando la presencia de nivel de daño fresco y anterior, producido por el gusano cogollero en las hojas, para determinar la incidencia se realizó mediante conteo por observación en cada foliolo de la planta en el haz y el envés, de esta manera se obtuvo la cantidad de insectos plaga que estaban afectando a las plantas, mientras que para determinar la eficacia se realizó un conteo de los insectos después de la aplicación de los tratamientos y los resultados se compararon con los obtenidos del conteo inicial, antes de la aplicación. Las muestras se tomaron en 10 plantas al azar de cada tratamiento. Aplicando la siguiente fórmula:

$$\% \text{ incidencia} = \frac{\text{Número de plantas afectadas con daño fresco}}{\text{Número de plantas evaluadas}} \times 100$$

Para el cálculo de la eficacia de cada tratamiento se realizará mediante la fórmula de Abbot (1925) para el cálculo de eficacia cuando se utiliza la infestación o daño fresco como criterio de evaluación.:

$$\% \text{ eficacia} = \frac{\% \text{ infestación en el testigo} - \% \text{ infestación parcela tratada}}{\% \text{ infestación en el testigo}} \times 100$$

Insectos benéficos en el área de estudio

Se colocaron trampas de recolección, donde se evidenció la diversidad de insectos presentes, donde se evaluó solamente los benéficos y la alteración que producía cada tratamiento los mismos que se identificaron de acuerdo con sus principales características morfológicas.

Número de mazorcas sanas y enfermas

En el momento de la cosecha se realizó un conteo del total de mazorcas, separando las mazorcas sanas y las que presentaron algún síntoma de enfermedad.

Número de granos por hilera

De las mazorcas cosechadas se contó el número total de hileras con granos sanos y las hileras que presentaron granos con síntomas de ataque por gusano cogollero.

Peso de 100 semillas

Se contaron 100 granos sanos de maíz por parcela experimental, los cuales fueron pesados en una balanza de precisión.

Rendimiento del cultivo

El rendimiento del cultivo se determinará de acuerdo a los siguientes aspectos:

- Peso total de mazorcas cosechadas en las parcelas.
- Número de mazorcas sana y enfermas.
- Número de semillas por hileras.
- Peso de semillas. El valor aquí obtenido se expresará en toneladas por hectárea utilizando la siguiente fórmula:

$$Pu = \frac{Pa (100) - ha}{(100 - hd)}$$

Dónde:

Pu: peso uniforme

Pa: peso actual

ha: humedad actual

hd: humedad deseada

Análisis de costo de los tratamientos

El análisis de costo de los tratamientos se realizó basado en los costos de producción y costos de los tratamientos.

Se realizó el análisis económico de acuerdo con el rendimiento obtenido en el peso de la parcela útil representado en kg ha⁻¹ mediante la aplicación de una regla de tres simple. Incluido a esto la consideración del precio de venta del maíz en kg según lo estipulado en el mercado. La consideración del costo de los híbridos y número de jornales utilizados en las diferentes actividades. Posteriormente se determinó la utilidad bruta, costos variables y beneficio neto, relación B/C, teniendo en consideración la aplicación de las siguientes fórmulas:

$$\text{Beneficio Neto (B.N.)} = \text{Ingreso Bruto} - \text{Costos Totales}$$

$$\text{Relación beneficio/costo} = \frac{\text{Ingreso Bruto}}{\text{Costo Total de Producción}}$$

Costos Variables = Costo de los tratamientos + costo de su aplicación incluido costos de cosecha y transporte.

3.9. Recursos humanos y materiales

A continuación, se detallan los equipos y materiales utilizados en el experimento:

3.9.1. Materiales de campo

- Balanza
- Determinador de humedad

- Cinta métrica
- Latillas
- Piolas
- Bomba Mochila CP3
- Tacho

3.9.2. Materiales de Oficina

- Computador
- Cuaderno de campo
- Esferos
- Hojas de papel bond
- Impresora
- Marcador
- Regla

3.9.3. Material de siembra

- Semilla de maíz Híbrido 3M51.

3.9.4. Insumos

- Fertilizantes.
- Hongo *Beauveria bassiana* (comercial).
- Hojas de neem (*Azadirachta indica*) (extracto).
- Insecticida químico.

3.9.5. Materiales de laboratorio.

- Mortero
- Papel filtro
- alcohol
- Balanza
- Frasco hermético

CAPÍTULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. Resultados

4.1.1. Evaluación de daño por *Spodoptera frugiperda* en hojas

Los promedios de la evaluación del daño en las hojas se muestran en la tabla 2 y 3. El análisis de varianza determinó que los tratamientos no mostraron significancia estadística en ambas localidades.

Realizada la prueba de rangos múltiples de Tukey ($P < 0,05$), el tratamiento *Beauveria bassiana* + extracto de Neem en dosis de 4 L/ha⁻¹ en la localidad El Pechiche presentó menor promedio de daño de 1,58; 1,85 y 2,23, a los 3, 5 y 8 días después de la aplicación.

El tratamiento *Beauveria bassiana* + extracto de Neem en dosis de 4 l/ha⁻¹ en la localidad Las Palmas a los 3, 5 y 8 días después de la aplicación presentó el menor grado de daño de 1,55; 1,85 y 2,23 respectivamente.

El mayor grado de daño se obtuvo con el tratamiento químico (Lorsban) en ambas localidades con un grado de daño de 1,85; 2,20 y 2,58 a los 3, 5 y 8 días después de la aplicación del bioinsecticida.

Tabla 2. Evaluación de daño por *Spodoptera frugiperda* en la localidad el Pechiche y Las Palmas.

Tratamientos	Localidad El Pechiche				Localidad Las Palmas			
	ADA	3 DDA	5 DDA	8 DDA	ADA	3 DDA	5 DDA	8 DDA
T1	1,4 a	1,58 a	1,85 b	2,23 b	1,48 a	1,55 a	1,85 a	2,23 b
T2	1,35 a	1,68 a	2,05 b	2,33 b	1,4 a	1,68 a	1,9 a	2,33 b
T3	1,5 a	1,68 a	1,98 a b	2,33 b	1,53 a	1,75 a	2,1 a	2,45 a b
T4	1,6 a	1,85 a	2,20 a	2,58 a	1,63 a	1,85 a	2,15 a	2,60 a
Coefficiente de variación %	8,45	8,25	4,69	2,12	12,92	8,07	6,97	4,01

Promedios de datos con la misma letra no difieren estadísticamente según la prueba de Tukey al 0,05% de probabilidad.

*T1 = *B. Bassiana* (4 L/ha⁻¹) + extracto de Neem (1.8 l/ha⁻¹). *T2 = *Beauveria Bassiana* (5 L/ha⁻¹) + extracto de Neem (1.8 L/ha⁻¹). T3 = *Beauveria Bassiana* (6 L/ha⁻¹) + extracto de Neem (1.8 L/ha⁻¹). T4 = Lorsban (Clorpirifos)

4.1.2. Porcentaje de incidencia y eficacia de control de bioinsecticidas agroecológicos aplicados sobre larvas de *Spodoptera frugiperda*

Los valores promedio de eficacia e incidencia de los bioinsecticidas agroecológicos se muestran en la tabla 4 y 5. Realizado el análisis de varianza, los tratamientos no mostraron significancia estadística en eficacia e incidencia en cada una de las localidades.

La mayor eficacia de los bioinsecticidas se observó con el tratamiento químico T4 (Lorsban) con 32,0 % de control del gusano cogollero en ambas localidades, estadísticamente igual a los demás tratamientos T1, T2 Y T3 que mostraron medias entre 16,9 y 28,0%.

Realizada la prueba de rangos múltiples de Tukey ($P \leq 0,05$), el tratamiento *Beauveria bassiana* + *Neem* (4 l/ha^{-1}) presentó la mayor de daño con 49,15% estadísticamente igual a los demás tratamientos que mostraron incidencia entre 17,0 y 24,0 % superiores al tratamiento químico (Lorsban) que registró la menor incidencia de daño del gusano cogollero con el 9,85 y 7,45% en la localidad Pechiche y Las Palmas.

Tabla 3. Eficacia del control del gusano cogollero en dos localidades del Cantón Mocache - 3 DDA.

Tratamientos	Eficacia de control (%)	
	Pechiche	Las Palmas
T1	16,9 a	14,5 a
T2	25,55 a	25,55 a
T3	25,55 a	28,0 a
T4	32,0 a	32,0 a
Coefficiente de variación %	4,17	6,20

Promedios de datos con la misma letra no difieren estadísticamente según la prueba de Tukey al 0,05% de probabilidad.

*T1 = *B. Bassiana* (4 L/ha^{-1}) + extracto de *Neem* (1.8 l/ha^{-1}). *T2 = *Beauveria Bassiana* (5 L/ha^{-1}) + extracto de *Neem* (1.8 L/ha^{-1}). T3 = *Beauveria Bassiana* (6 L/ha^{-1}) + extracto de *Neem* (1.8 L/ha^{-1}). T4 = Lorsban (Clorpirifos)

Tabla 4. Incidencia de daño del gusano cogollero en dos localidades del Cantón Mocache - 3 DDA.

Tratamientos	Incidencia de daño (%)	
	Pechiche	Las Palmas
T1	49,15 a	53,8 a
T2	24,0 a	20,55 a
T3	17,0 a	18,2 a
T4	9,85 a	7,45 a
Coefficiente de variación %	1,78	2,30

Promedios de datos con la misma letra no difieren estadísticamente según la prueba de Tukey al 0,05% de probabilidad.

*T1 = *B. Bassiana* (4 L/ha⁻¹) + extracto de Neem (1.8 l/ha⁻¹). *T2 = *Beauveria Bassiana* (5 L/ha⁻¹) + extracto de Neem (1.8 L/ha⁻¹). T3 = *Beauveria Bassiana* (6 L/ha⁻¹) + extracto de Neem (1.8 L/ha⁻¹). T4 = Lorsban (Clorpirifos)

Los valores promedio de eficacia e incidencia de los bioinsecticidas agroecológicos se muestran en la tabla 6 y 7. Realizado el análisis de varianza, los tratamientos no mostraron significancia estadística en eficacia e incidencia en cada una de las localidades.

La mayor eficacia de los bioinsecticidas se observó con el tratamiento químico (Lorsban) con 33,0 % de control en la localidad del Pechiche, estadísticamente igual a los demás tratamientos que mostraron medias entre 17,6 y 29,05%.

Realizada la prueba de rangos múltiples de Tukey ($P \leq 0,05$), el tratamiento *Beauveria bassiana* + *Neem* (4 l/ha⁻¹) presentó la mayor incidencia en la localidad de Las Palmas con 41,2% estadísticamente igual a los demás tratamientos que mostraron incidencia entre 25,55 y 32,0% superiores al tratamiento químico (Lorsban) que registró la menor incidencia de daño en ambas localidades con el 5,45 y 4,15%.

Tabla 5. Eficacia del control del gusano cogollero en dos localidades del Cantón Mocache - 5 DDA.

Tratamientos	Eficacia de control (%)	
	Pechiche	Las Palmas
T1	17,6 a	18,5 a
T2	29,05 a	23,5 a
T3	20,35 a	26,35 a
T4	33 a	31,65 a
Coficiente de variación %	1,34	3,67

Promedios de datos con la misma letra no difieren estadísticamente según la prueba de Tukey al 0,05% de probabilidad.

Tabla 6. Incidencia de daño del gusano cogollero en dos localidades del Cantón Mocache - 5 DDA.

Tratamientos	Incidencia de daño (%)	
	Pechiche	Las Palmas
T1	37,0 a	41,2 a
T2	32,0 a	37,15 a
T3	25,55 a	17,5 a
T4	5,45 a	4,15 a
Coficiente de variación %	4,25	6,20

Promedios de datos con la misma letra no difieren estadísticamente según la prueba de Tukey al 0,05% de probabilidad.

*T1 = *B. Bassiana* (4 L/ha⁻¹) + extracto de Neem (1.8 l/ha⁻¹). *T2 = *Beauveria Bassiana* (5 L/ha⁻¹) + extracto de Neem (1.8 L/ha⁻¹). T3 = *Beauveria Bassiana* (6 L/ha⁻¹) + extracto de Neem (1.8 L/ha⁻¹). T4 = Lorsban (Clorpirifos)

La mayor eficacia de los bioinsecticidas se observó con el tratamiento químico (Lorsban) con 57,5% de control en la localidad del Pechiche y 40,75% en Las Palmas, estadísticamente superior a los demás tratamientos que mostraron porcentajes entre 12,0 y 25,10%.

Realizada la prueba de rangos múltiples de Tukey ($P \leq 0,05$), el tratamiento *Beauveria bassiana* + *Neem* (4 l/ha^{-1}) presentó la mayor incidencia en la localidad del Pechiche y Las Palmas con 45.15 y 54.45%, estadísticamente igual que el resto de los tratamientos que mostraron incidencia entre 3,15 y 40,73% superiores al tratamiento químico (Lorsban) que registró la menor incidencia de daño en ambas localidades con el 2,35 y 1,67%.

Tabla 7. Eficacia del control del gusano cogollero en dos localidades del Cantón Mocache - 8 DDA.

Tratamientos	Eficacia de control (%)	
	Pechiche	Las Palmas
T1	12,0 b	14,15 b
T2	15,25 b	20,0 b
T3	15,25 b	25,10 a b
T4	57,5 a	40,75 a
Coefficiente de variación %	4,84	4,23

Promedios de datos con la misma letra no difieren estadísticamente según la prueba de Tukey al 0,05% de probabilidad.

Tabla 8. Incidencia de daño del gusano cogollero en dos localidades del Cantón Mocache - 8 DDA.

Tratamientos	Incidencia de daño (%)	
	Pechiche	Las Palmas
T1	45,15 a	54,45 a
T2	36,15 b	40,73 a b
T3	16,25 b	3,15 b
T4	2,35 b	1,67 b
Coefficiente de variación %	1,98	2,15

Promedios de datos con la misma letra no difieren estadísticamente según la prueba de Tukey al 0,05% de probabilidad.

*T1 = *B. Bassiana* (4 L/ha^{-1}) + extracto de *Neem* (1.8 l/ha^{-1}). *T2 = *Beauveria Bassiana* (5 L/ha^{-1}) + extracto de *Neem* (1.8 L/ha^{-1}). T3 = *Beauveria Bassiana* (6 L/ha^{-1}) + extracto de *Neem* (1.8 L/ha^{-1}). T4 = Lorsban (Clorpirifos)

4.1.3. Insectos benéficos en el área de estudio

En las áreas de estudio se identificaron los enemigos naturales de *S. frugiperda*, encontrándose tanto parasitoides, así como enemigos naturales.

Tabla 9. Insectos benéficos encontrados en la localidad del Pechiche y Las Palmas

Nombre común	Nombre científico	Numero de insectos El Pechiche	Números de insectos Las Palmas
Chinche verde	<i>Zelus sp.</i>	82	93
Hormigas tostadas	<i>Camponotus sp.</i>	57	66
Crisopas	<i>Crisopa sp.</i>	243	180
Mariquita rosada	<i>Coleomegilla maculata</i>	97	110
Vaquita roja	<i>Cycloneda sanguinea</i>	167	200
Avispa roja	<i>Polistes infuscatus</i>	23	15

De los insectos benéficos descritos anteriormente, se pudo evidenciar mayor número de especímenes de *Crisopa sp*, *Cycloneda sanguinea* y *Coleomegilla maculata*, observándose 423, 367 y 207 especímenes, respectivamente. En cuanto a las localidades, de manera general, se registró mayor número de especímenes de insectos benéficos en la localidad de Las Palmas, obteniéndose 669 especímenes, siendo *Crisopa sp*, *Cycloneda sanguinea* y *Coleomegilla maculata*, los especímenes que tuvieron mayor presencia. En total se observaron 1333 especímenes de insectos benéficos, de los cuáles el 32 % correspondió a *Crisopa sp.*, 28 % a *Cycloneda sanguinea* y un 15 % a *Coleogomilla maculata*

4.1.4. Número de mazorcas sanas

Los promedios número de mazorcas sanas se muestran en la tabla 11. El análisis de varianza determinó que los tratamientos no mostraron significancia estadística la localidad el Pechiche, pero si en Las Palmas.

En el gráfico 1, se presentan los promedios de número de mazorcas sanas. Se evidenció el mayor número de mazorcas sanas con el tratamiento *Beauveria bassiana* en dosis de 5 l/ha¹ en la localidad del Pechiche y Las Palmas con 6.7 y 7 mazorcas respectivamente, difiriendo estadísticamente de los demás tratamientos, que presentaron una media entre 6 y 6.4 mazorcas sanas en ambas localidades.

Tabla 10. Número de mazorcas sanas en las localidades El Pechiche y Las Palmas.

Tratamientos	Número de mazorcas sanas	
	Pechiche	Las Palmas
T1	6,50 a	6,00 b
T2	6,75 a	7,00 a
T3	6,50 a	6,25 b
T4	6,50 a	6,25 b
Coficiente de variación %	8,13	4,53

Promedios de datos con la misma letra no difieren estadísticamente según la prueba de Tukey al 0,05% de probabilidad.

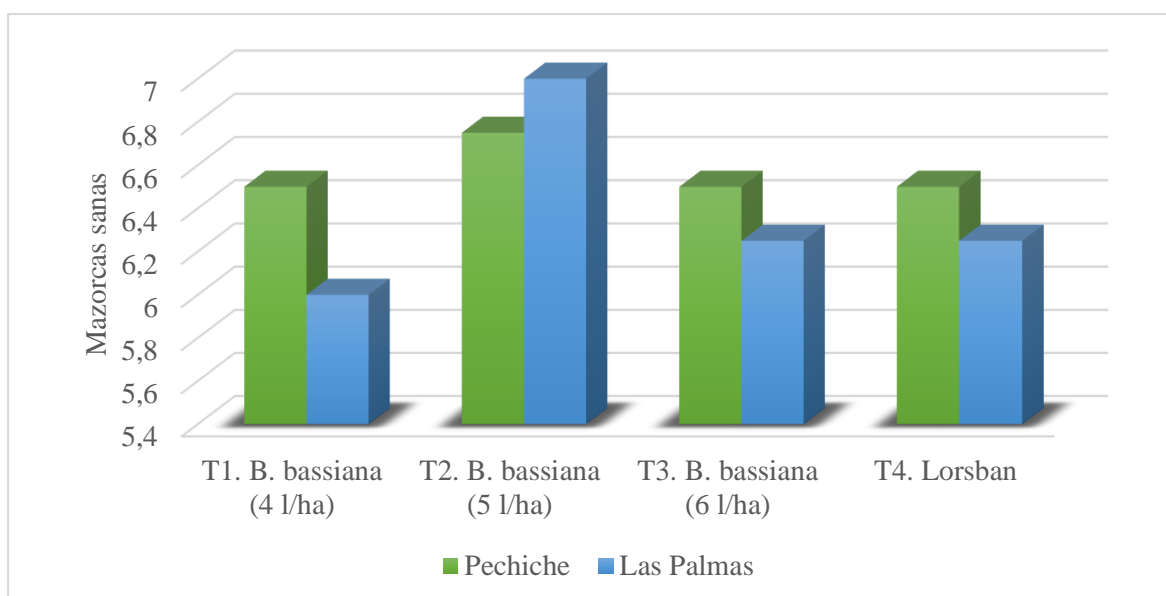


Figura 1. Promedios del número de mazorcas sanas, aplicando diferentes dosificaciones de *Beauveria bassiana* para el combate de *S. frugiperda* en el cultivo de maíz en dos localidades del Cantón Mocache.

4.1.5. Número de mazorcas enfermas

Los promedios de número de mazorcas enfermas se muestran en la tabla 12. El análisis de varianza determinó que los tratamientos no mostraron significancia estadística en ambas localidades.

En el gráfico 2, se muestran los promedios de número de mazorcas enfermas. Se evidenció el mayor número de mazorcas enfermas con el tratamiento *Beauveria bassiana* en dosis de 4 l/ha^{-1} en la localidad del Pechiche y Las Palmas con 3.5 y 4 mazorcas respectivamente, difiriendo estadísticamente de los demás tratamientos, que presentaron una media entre 3,0 y 3.75 mazorcas enfermas en ambas localidades.

Tabla 11. Número mazorca enfermas en las localidades El Pechiche y Las Palmas.

Tratamientos	Número de mazorcas enfermas	
	Pechiche	Las Palmas
T1	3,50 a	4,00 a
T2	3,25 a	3,00 b
T3	3,50 a	3,75 a
T4	3,50 a	3,75 a
Coefficiente de variación %	15,52	7,96

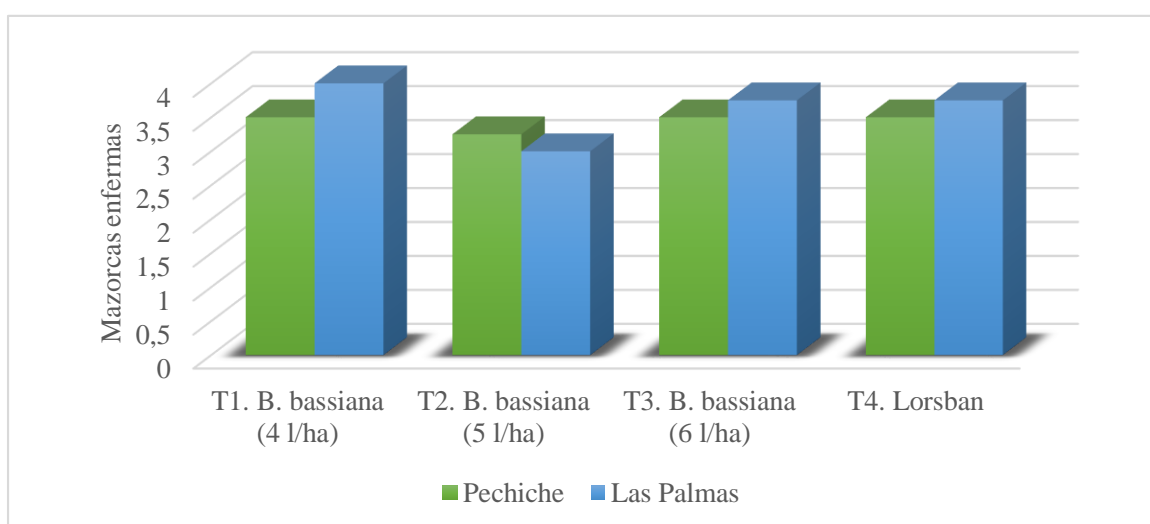


Figura 2. Promedios del número de mazorcas enfermas, aplicando diferentes dosificaciones de *Beauveria bassiana* para el combate de *S. frugiperda* en el cultivo de maíz en dos localidades del Cantón Mocache.

4.1.6. Número de granos por hilera

Los promedios de granos por hilera se muestran en la tabla 13. El análisis de varianza determinó que los tratamientos no mostraron significancia estadística en ambas localidades.

En la figura 3, se representan los promedios del número de granos por hilera. Realizada la prueba de rangos múltiples de Tukey ($P \leq 0,05$), se verificó que los cuatro tratamientos se comportaron estadísticamente iguales en ambas localidades, presentando una media de 30 granos por hilera.

Tabla 12. Número granos por hilera en las localidades El Pechiche y Las Palmas.

Tratamientos	Número de granos por hilera	
	Pechiche	Las Palmas
T1	30 a	30 a
T2	30 a	30 a
T3	30 a	30 a
T4	30 a	30 a
Coficiente de variación %	1,06	1,63

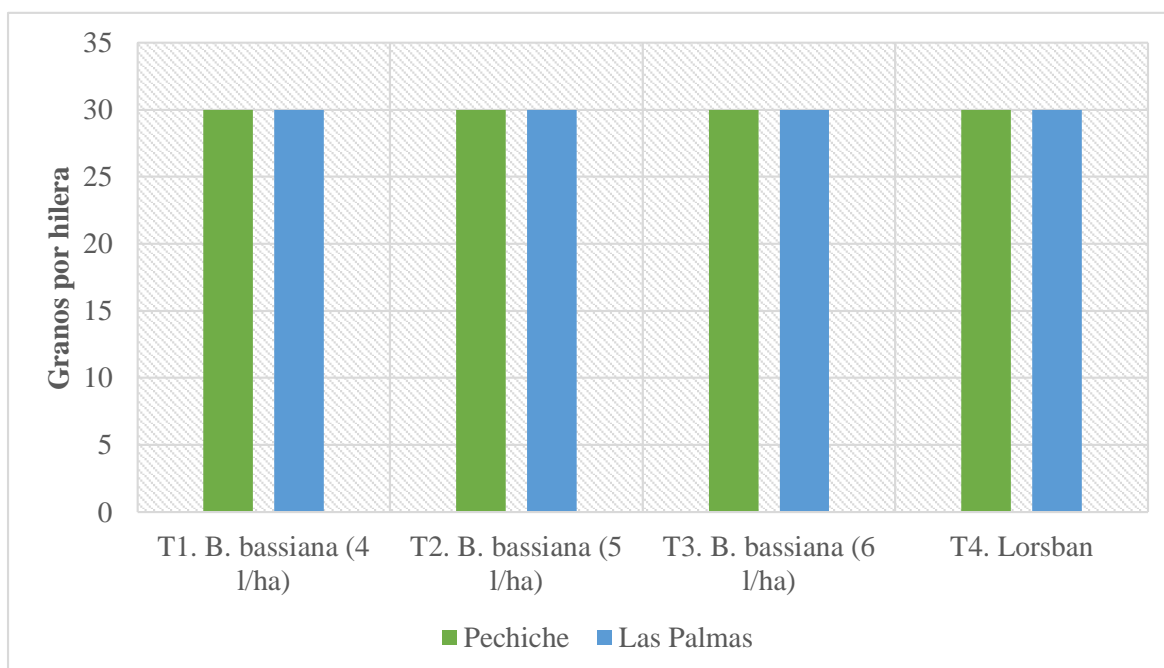


Figura 3. Promedios del número de granos por hilera, aplicando diferentes dosificaciones de *Beauveria bassiana* para el combate de *S. frugiperda* en el cultivo de maíz en dos localidades del Cantón Mocache.

4.1.7. Peso de 100 semillas

Los promedios de peso de 100 semillas se muestran en la tabla 14. El análisis de varianza determinó que los tratamientos no mostraron significancia estadística en ambas localidades.

En la figura 4 se muestran los promedios del peso de 100 semillas. Realizada la prueba de rangos múltiples de Tukey ($P \leq 0,05$), el tratamiento *Beauveria bassiana* en dosis de 5 y 4 l/ha^{-1} presentaron el mayor peso de con 0,04 kg tanto en ambas localidades, siendo estadísticamente igual a los demás tratamientos que mostraron medias de entre 0,03 y 0,038 kg.

Tabla 13. Peso de 100 semillas en las localidades El Pechiche y Las Palmas.

Tratamientos	Peso de 100 semillas	
	Pechiche	Las Palmas
T1	0,4 a	0,04 a
T2	0,4 a	0,04 a
T3	0,4 a	0,03 a
T4	0,4 a	0,03 a
Coefficiente de variación %	1,45	2,16

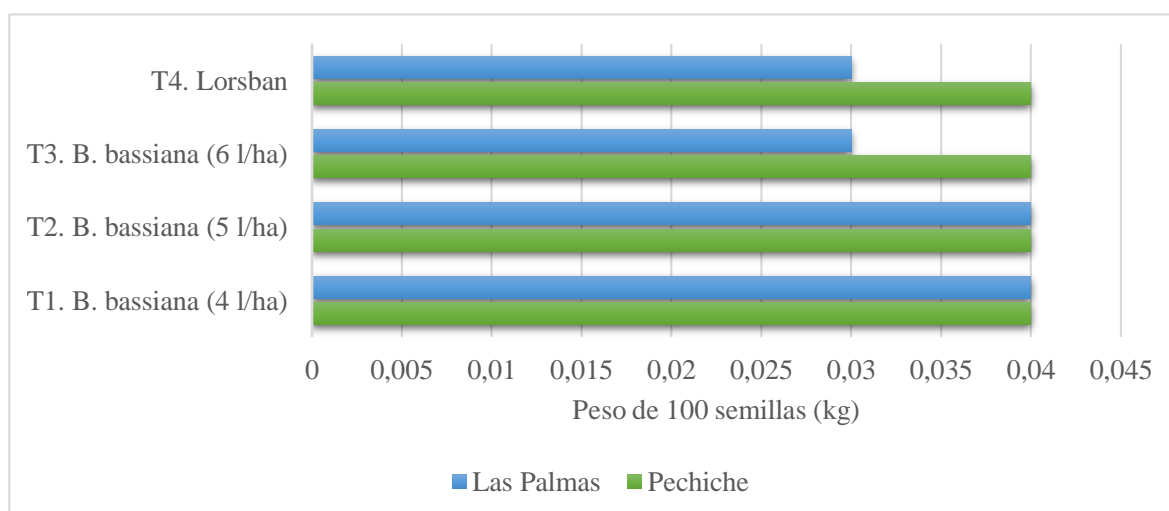


Figura 4. Promedios del peso de 100 semillas, aplicando diferentes dosificaciones de *Beauveria bassiana* para el combate de *S. frugiperda* en el cultivo de maíz en dos localidades del Cantón Mocache.

4.1.8. Número de hileras por mazorca

Los promedios de número de hileras por mazorca se muestran en la tabla 15. El análisis de varianza determinó que los tratamientos no mostraron significancia estadística en ambas localidades.

En el gráfico 5, se muestran los valores promedios del número de hileras por mazorca evaluada a la cosecha. El mayor índice de número de hileras por mazorca se obtuvo con el tratamiento *Beauveria bassiana* en dosis de 4 l/ha⁻¹ y con tratamiento el testigo químico en ambas localidades, presentando medias de 18 hileras por mazorca, estadísticamente superior al tratamiento 2 y 3 que presentó 16 hileras.

Tabla 14. Número de hileras por mazorca en las localidades El Pechiche y Las Palmas.

Tratamientos	Número de hileras por mazorca	
	Pechiche	Las Palmas
T1	18 a	18 a b
T2	16 a	16 b c
T3	16 a	16 d
T4	18 a	18 a
Coefficiente de variación %	0,58	0,59

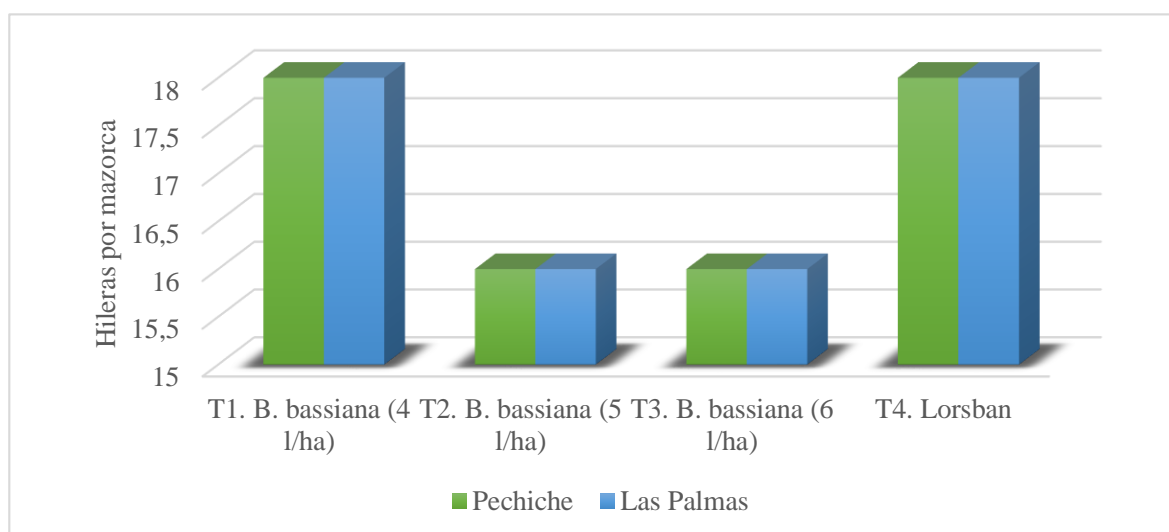


Figura 5. Promedios del número de hileras por mazorca, aplicando diferentes dosificaciones de *Beauveria bassiana* para el combate de *S. frugiperda* en el cultivo de maíz en dos localidades del Cantón Mocache.

4.1.9. Rendimiento del cultivo

Los promedios del rendimiento del cultivo de maíz se observan en la tabla 12. El análisis de varianza no mostró significancia en ninguno de los tratamientos evaluados en ambas localidades.

Realizada la prueba de rangos múltiples de Tukey ($P \leq 0,05$), los tratamientos se comportaron estadísticamente iguales en ambas localidades, sin embargo, el tratamiento que presentó un mayor rendimiento fue *Beauveria bassiana* + *Neem* (6 l/ha⁻¹) tanto en el Pechiche como en Las Palmas con promedios de 2,28 y 2,31 toneladas tal como se muestra en el gráfico.

Tabla 15. Rendimiento en las localidades El Pechiche y Las Palmas.

Tratamientos	Rendimiento ton/ha ⁻¹	
	Pechiche	Las Palmas
T1	2,27 a	2,28 a
T2	2,28 a	2,29 a
T3	2,28 a	2,32 a
T4	2,17 a	2,31 a
Coefficiente de variación %	1,51	2,07

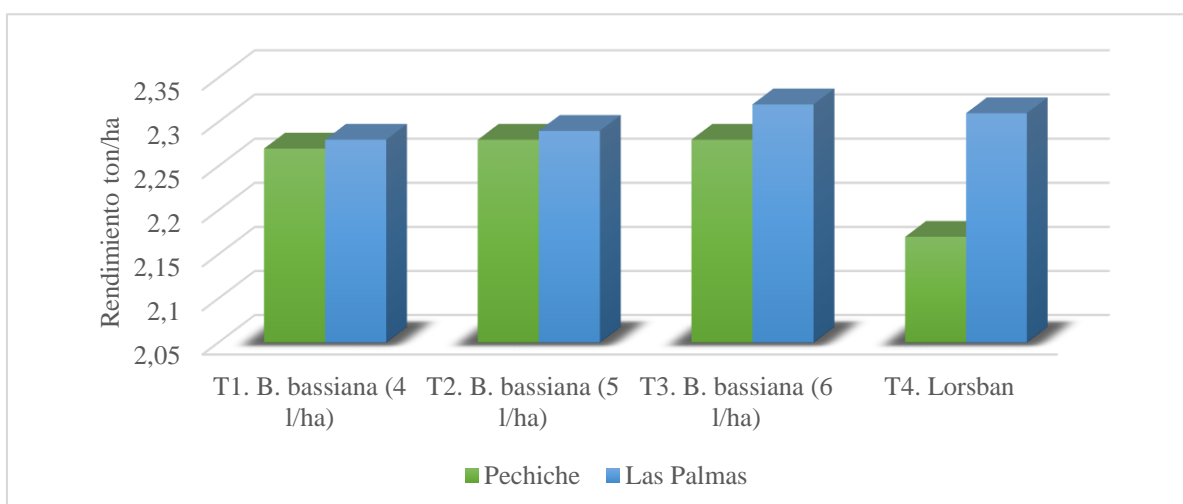


Figura 4. Promedios del número de hileras por mazorca, aplicando diferentes dosificaciones de *Beauveria bassiana* para el combate de *S. frugiperda* en el cultivo de maíz en dos localidades del Cantón Mocache.

4.1.10. Análisis económico

En la tabla, se muestra el análisis económico de los tratamientos en estudio en función del rendimiento y de los respectivos costos de producción. En base al análisis económico se determinó que el tratamiento *Beauveria bassiana* + extracto de *Neem* (6 l/ha) produjo el mayor rendimiento con 2323,30 kg/ha, generando un ingreso bruto de 557,59 de la misma forma un ingreso neto de \$200,037 cuyo costo de tratamiento es de \$60, obteniendo una rentabilidad del 55,95%.

Tabla 16. Análisis económico del cultivo en función de los costos de producción

Tratamientos	Rendimiento kg/ha ⁻¹	Ingreso bruto (\$)	Costo del tratamiento (\$)	Costo variable (\$)	Costo total (\$)	Ingreso neto (\$)	B/C	Rentabilidad
T1	2277,56	546,6144	40	108,327	428,327	118,288	1,28	27,62
T2	2283,88	548,1312	50	118,516	438,5164	109,6148	1,25	25,00
T3	2323,30	557,592	60	37,555	357,555	200,037	1,56	55,95
T4	2319,01	556,5624	12,95	82,520	402,5203	154,0421	1,38	38,27
<i>Beauveria bassiana</i>	\$10 el litro					Cosecha y transporte		\$0,03
Lorsban	\$12,50 el litro					Precio de venta		\$0,24
Jornal	10							

4.2. Discusión

Este estudio buscó desarrollar una tecnología para el manejo agroecológico del gusano cogollero (*Spodoptera frugiperda*) en el cultivo de maíz (*Zea mays L.*) en dos localidades del cantón Mocache.

A los 8 días después de la aplicación de los tratamientos la incidencia del daño fue muy baja en el tratamiento 4 (Lorsban) en ambas localidades, con una diferencia de 34% en relación a los tratamientos 1 y 2 *Beauveria bassiana* + Neem (4 l/ha) y *Beauveria bassiana* + Neem (5 l/ha) respectivamente, mientras que la eficacia en el control del gusano cogollero presenta al testigo químico (Lorsban) como el tratamiento que obtuvo el mayor control con una diferencia de 57.5% respecto al tratamiento 3 el cual es su inmediato seguidor en términos de control; la gran diferencia en la incidencia del daño puede deberse a que el tratamiento contiene Lorsban cuyo ingrediente activo es (clorpirifos) el cual es un insecticida que tiene una actividad por contacto, ingestión e inhalación motivo por el cual su mecanismo de acción es casi de manera inmediata como lo confirma (Albuja, Recto, & Llumiquinga, 2016) otro concepto válido es lo mencionado por (Palacios, 2007) quien confirma que la disminución de la incidencia de daño se encuentra entre los 5 y 10 días posteriores a la realización de la aplicación; en tanto que para la eficacia en el control del gusano cogollero se obtiene un resultado cercano al presentado por (González, Gurrola, & Chaírez, 2015) quienes en su investigación titulada “Productos biológicos para el control de *Spodoptera frugiperda* (Lepidoptera: Noctuidae)” mencionan que Lorsban® causa el 100% de control, lo que indica que este producto es altamente tóxico para el insecto plaga.

Después del análisis e interpretación de los resultados, en el área de estudio de las localidades del Pechiche y Las Palmas se observaron diferentes enemigos naturales de *S. frugiperda* (*Zelus sp.*, *Camponotus sp.*, *Crisopa sp.*, *Coleomegilla maculata*, *Cycloneda sanguinea*, *Polistes infuscatus*), los cuales pueden ser aprovechados oportunamente para un control biológico de la población del mencionado insecto plaga en el cultivo de maíz, por lo tanto se podrían coleccionar para ser reproducidos *in vitro* para posteriores liberaciones en plantaciones de maíz establecidas en la zona, en efecto estos pueden ser aprovechados como un potencial biocontrolador (Padilla E. , 2020), ya que la magnitud de daño de *S. frugiperda* al cultivo de maíz depende de la dinámica y fluctuación poblacional de la plaga en presencia de sus enemigos naturales, la distribución espacial y temporal de las poblaciones de larvas en hospederos alternos cuando no hay cultivo (Roque-Romero *et al.*, 2020).

Los resultados mostraron que por medio del control del gusano cogollero con el bioinsecticida (*Beauveria bassiana* + extracto de Neem) permitió obtener un mayor número de mazorcas sanas determinando un rango de entre 6 a 7 mazorcas sanas, a diferencia del tratamiento químico, que presentó un mayor número de mazorcas enfermas de 3 a 4 mazorcas, frente a la aplicación del bioinsecticida, siendo los insecticidas, quizás, la herramienta de control de plagas más difundida a nivel global (Guedes *et al.*, 2016). Sin embargo, en la actualidad, existen otras alternativas para el control de *Spodoptera frugiperda* como el control biológico, la cual se convierte en una alternativa ecológica importante para el control de esta plaga (Pérez *et al.*, 2019).

En el análisis de las mazorcas por localidades, en el Pechiche se reportó el mayor número de hileras por mazorca, peso de 100 semillas y número de granos por hilera al aplicar el bioinsecticida *Beauveria bassiana* + extracto de Neem (Arias *et al.*, 2014) afirman que los bioinsecticidas constituyen un importante medio de control biológico de plagas en la agricultura. El grupo más importante de hongos entomopatógenos son los deuteromicetos u hongos imperfectos, en los cuales se desconoce la fase sexual. El hongo *Beauveria bassiana* se ha estudiado como agente de control de insectos plagas pertenecientes a diferentes órdenes.

CAPÍTULO V

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1. Conclusiones

- El tratamiento 4 (Lorsban) alcanzó eficacia más alta a los 8 días después de la aplicación con 57,5% en la localidad El Pechiche.
- En el área de estudio se encontraron varios insectos benéficos para el control natural del gusano cogollero (*S. frugiperda*), entre los que destacaron *Crisopa* sp, *Cycloneda sanguinea* y *Coleomegilla maculata*, obteniendo 423, 367 y 207 especímenes, respectivamente.
- El tratamiento 3 produjo el mayor rendimiento con 2323,30 kg/ha, generando un ingreso bruto de 557,59 de la misma forma un ingreso neto de \$200,037 cuyo costo de tratamiento es de \$60, obteniendo una rentabilidad del 55,95%.

5.2. Recomendaciones

- Realizar la aplicación de Lorsban, el cual presentó mejor eficacia en el control del gusano cogollero y menor incidencia de daño.
- Evaluar la relación entre la infestación de *S. frugiperda* y los niveles de incidencia, puesto que, en el presente estudio, a pesar de haber un considerable número de insectos benéficos, la incidencia de la mencionada plaga no fue notoria.
- Realizar la aplicación del tratamiento 3 (*Beauveria bassiana* + extracto de Neem (6 l/ha) en parcelas de pequeños productores maiceros de la zona de Mocache, el cual presentó el mejor beneficio económico por hectárea.

CAPÍTULO VI
BIBLIOGRAFÍA

6.1. Bibliografía

- Arciniegas, S. (2015). *Estimación del Banco de Semillas de Malezas en la Finca el Tahir Vereda Buenos Aires Bajo Municipio de Villanueva, Casanare. (tesis de pregrado)*. Universidad de Los Llanos.
- Arias, P., Banda, B., Bejarano, D., Benites, S., & Arellano, J. (2014). Efecto de *Beauveria bassiana* sobre la mosca *Anastrepha* sp. y larvas del cogollero *Spodoptera frugiperda* en condiciones de laboratorio. *Rev. Científica Estudiantil*, pp. 1-7.
- Bahena, F. (2018). Manejo agroecológico de plagas. *Enlace*, pp. 1-60.
- Bustamante, R. (2019). *Evaluación de Beauveria bassiana en el control biológico de larvas de la polilla Oidaematophorus espeletiae*. Universidad de La Salle.
- Castro, S. (2012). *Manejo del gusano cogollero (Spodoptera frugiperda) en el cultivo de maíz. (tesis de pregrado)*. Bogotá.
- Caviedes, M. (2019). Producción de semilla de maíz duro en el Ecuador: retos y oportunidades. *Avances en ciencia e ingenierías*, pp. 116-123.
- Chango, L. (2012). *Control de gusano cogollero (Spodoptera frugiperda) en el cultivo de maíz (zea mays L.). (tesis de pregrado)*. Universidad Técnica de Ambato.
- CIMMYT. (2017). *Manejo integrado de Malezas una herramienta una solución*. Al grano.
- CIMMYT. (2018). Manejo Agroecológico de Plagas: Alternativas sostenibles para el control de plagas en la costa de Oaxaca. *La Revista de la Agricultura de Conservación*, Año IX.
- Crescencio, E. (2016). *Gusano cogollero en cultivo de maíz en Molcaxac, Puebla*. Puebla.
- CYMMYT. (8 de Junio de 2017). *El gusano cogollero devasta cultivos en África subsahariana: Se requiere una respuesta rápida y coordinada*. Obtenido de <https://www.cimmyt.org/es/uncategorized/el-gusano-cogollero-devasta-cultivos-en-africa-subsahariana-se-requiere-una-respuesta-rapida-y-coordinada-a-nivel-regional/>
- Deras, H. (2018). *El cultivo de maíz (Zea mays L.)*. El Salvador: CENTA.

- Echeverría, N. (2014). *Comparación del costo beneficio de siembra directa vrs. siembra convencional en el cultivo de maíz (Zea mays; Poaceae) en finca Sevilla, Masagua, Escuintla, durante el año 2003. Quetzaltenango - México. (tesis de pregrado)*. Universidad Rafael Landívar.
- FAO. (2006). *Recomendaciones para el manejo de malezas*.
- FAO. (2017). *Preguntas sobre el gusano cogollero del maíz*. Roma, Italia.
- Fleita, F., & Almada, C. (2011). *Propuestas de Manejo para la Producción Agroecológica*. INCUPO.
- García. (2015). *Unidad de Biotecnología (Bioinsecticidas) Agrícola Sinaloense*. BIOTECSIN.
- García, G., & Tarango, S. (2009). *Manejo biorracional del gusano cogollero en maíz*. Chihuahua, México: INIFAP.
- Gimeno. (2009). *El Nim, Un Insecticida Natural*. EcoMaría.
- Gimeno, J. (2006). *La revista de la cultura del cannabis*, pp. 80-83.
- Gómez, H., Zapata, A., Torres, E., & Tenorio, M. (2014). *Manual de producción y uso de hongos entomopatógenos*. SENASA.
- Guamán, R., Desiderio, T., Villavicencio, A., Ulloa, S., & Romero, E. (2020). Evaluación del desarrollo y rendimiento del cultivo de maíz (*Zea mays* L.) utilizando cuatro híbridos. *Siembra*, pp. 47-56.
- Guevara, C. (2020). *Manejo agroecológico del gusano cogollero (Spodoptera frugiperda) en el cultivo de maíz (Zea mays) en época seca en la zona de Mocache. (tesis de pregrado)*. Universidad Técnica Estatal de Quevedo.
- Hernández, A., Estrada, B., Rodríguez, R., García, J., Patiño, S., & Osorio, E. (2019). Importancia del control biológico de plagas en maíz (*Zea mays* L.). *Rev. Mex. de Ciencias Agrícolas*, vol. 10. número 4.
- Jaen, Y. (2020). *Evaluación de tres Bioinsecticidas entomopatógenos para el control de gusano cogollero (Spodoptera frugiperda) del cultivo de maíz (Zea mays), en*

- condiciones controladas. (tesis de pregrado).* Universidad Técnica Estatal de Quevedo.
- Leana, J., Vidal, A., Castro, C., & Romero, M. (2016). Evaluación etológica y biológica en el cultivo de maíz QPM. *Rev. de Ciencias Nat. y Agrop.*, vol. 3 No. pp. 40-49.
- Lezama, R., Molina, J., Michel , A., López, M., & Pescador, A. (2005). Efecto del hongo entomopatógeno *Metarhizium anisopliae* sobre el control del gusano cogollero del maíz en campo. *Rev. de Investigación y dif. Cient.*, vol. 9, núm. 1. pp1 -6.
- Muñoz, X., Comboza, W., Lara , E., Mendoza, M., Mejia, N., Lopez, J., & Moran, N. (2017). nsecticidas biológicos para el control de *Spodoptera frugiperda* Smith, su incidencia en el rendimiento. *Centro Agrícola*, vol. 44. no 3. pp 20-27.
- Ospina, J. (2015). *Manual técnico del cultivo de maíz bajo buenas prácticas agrícolas.* Medellín, Colombia: Gobernación de Antioquia, Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural.
- Pacheco, M., Reséndiz , F., & Arriola, V. (2019). Organismos entomopatógenos como control biológico en los sectores agropecuario y forestal de México: una revisión. *Rev. Mexicana de Ciencias Forestales*, vol 10. pp 56.
- Padilla, E. (2020). *Enemigos naturales del Gusano Cogollero, Spodoptera frugiperda Smith (Lepidoptera: Noctuidae), en razas de maíces oaxaqueño. (tesis de posgrado).* Instituto Politécnico Nacional.
- Padilla, V. (2017). *Bioinsecticidas. (tesis de pregrado).* Universidad de La Laguna.
- Pérez, E., Neira, M., & Calderón, C. (2019). Alternativas ecológicas en el control de *Spodoptera frugiperda* (Smith) (Lepidoptera: Noctuidae) en el cultivo crops. *Scientia Agropecuaria*, pp. 541-550.
- Productor, E. (2 de Diciembre de 2019). *Ecuador: MAÍZ, 2019 Buen año en producción mal año en precios.* Obtenido de <https://elproductor.com/2019/12/ecuador-maiz-2019-buen-ano-en-produccion-mal-ano-en-precios/>
- Quijije, R. (2016). *Manejo integrado de plagas y enfermedades en la zona central del litoral ecuatoriano.* Ecuador: Instituto Nacional Autónomo de Investigaciones Agropecuarias-INIAP.

- Ramírez, J. (2017). *Alternativas tecnológicas para el cultivo de maíz (Zea mays) en las condiciones de la esmeralda en Arauquita. (tesis de pregrado)*. Universidad La Salle.
- Reyes, C. (17 de Febrero de 2015). *Panorama Agro*. Obtenido de Gusano cogollero - Spodoptera frugiperda: <https://panorama-agro.com/?p=505>
- Romero, C. (2018). *Incidencia del gusano cogollero (Spodoptera frugiperda) en el cultivo de maíz (Zea mays L.) en las condiciones climáticas del Cantón Junín provincia de Manabí. (tesis de pregrado)*. Universidad Laica Eloy Alfaro de Manabí.
- Roque Romero, L., Cisneros, J., Rojas, J., Ortiz, F., & Malo, E. (2020). Atracción de *Chelonus insularis* albergar y albergar los volátiles del hábitat durante la búsqueda de *Spodoptera frugiperda* huevos. *Biological Control*, Vol. 140.
- Ruiz Corral, J., Medina García, G., González Acuña, I., Flores López, H., Ramírez Ojeda, G., Ortiz Trejo, C., . . . Martínez Parra, R. (2013). *Requerimientos agroecológicos de cultivos*. Jalisco: 2da Edición.
- Torres, R. (2015). *Evaluación de la toxicidad del extracto botánico de ajo para el control del caracol manzano (Pomácea canaliculata L.). (tesis de pregrado)*. Universidad Técnica de Machala.
- Villamil, D., Naranjo, N., & Van Strahlen, M. (2012). Efecto Insecticida del Extracto de Semillas de Neem (*Azadirachta indica* A. Juss) sobre *Collaria scenica* Stal (Hemiptera: Miridae). *EntomoBrasilis*, pp. 125-129.

CAPÍTULO VII

ANEXOS



Anexo 1. Preparación del terreno



Anexo 2. Siembra de maíz híbrido 3M51



Anexo 3. Preparación del extracto natural de hoja de Neem



Anexo 4. Producto comercial Beauveria bassiana



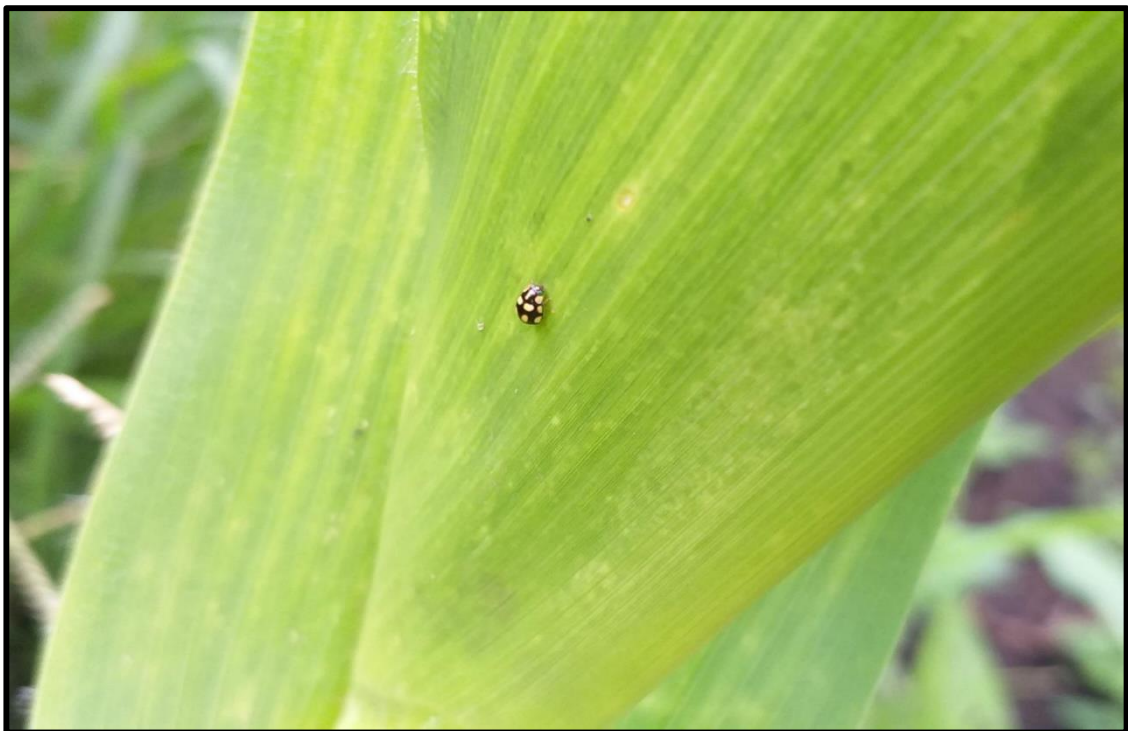
Anexo 5. Fertilización edáfica al cultivo de maíz



Anexo 6. Aplicación de los tratamientos para el control del gusano cogollero (Pechiche)



Anexo 7. Aplicación de los tratamientos para el control del gusano cogollero (Las Palmas)



Anexo 8. Registro de insectos benéficos presentes en el cultivo



Anexo 9. Registro de mazorcas sanas y enfermas (Las Palmas)



Anexo 10. Registro de mazorcas sanas y enfermas (Pechiche)



Anexo 11. Registro de fotos del peso de 100 semillas por tratamiento