



UNIVERSIDAD TÉCNICA ESTATAL DE QUEVEDO
FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS Y FORESTALES
CARRERA DE AGRONOMÍA

Trabajo de Integración Curricular
previo a la obtención del Grado
Académico de Ingeniero
Agrónomo

Proyecto de Investigación:

EFECTO DE LOS EXTRACTOS VEGETALES SOBRE EL DESARROLLO LARVAL
DE *Spodoptera frugiperda* EN CONDICIONES DE LABORATORIO

Autor:

Gabriel Alejandro Boza Ortiz

Director del Proyecto de Investigación:

Ing. Milton Fernando Cabezas Guerrero, PhD.

Quevedo – Los Ríos – Ecuador

2024



DECLARACIÓN DE AUTORÍA Y SESIÓN DE DERECHOS

Yo, **Gabriel Alejandro Boza Ortiz**, 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 documento, según lo establecido por la Ley de Propiedad Intelectual, por su Reglamento y por la normatividad institucional vigente.

f. _____

Gabriel Alejandro Boza Ortiz

C.C. 0952399806



CERTIFICACIÓN DE CULMINACIÓN DEL TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR

El suscrito, **Ing. Milton Fernando Cabezas Guerrero, PhD.** Docente de la Universidad Técnica Estatal de Quevedo, certifica que el estudiante Gabriel Alejandro Boza Ortiz, realizó el Trabajo de Integración Curricular titulado “**Efecto de los extractos vegetales sobre el desarrollo larval de *Spodoptera frugiperda* en condiciones de laboratorio**”, previo a la obtención del Grado Académico de Ingeniero Agrónomo, bajo mi dirección, habiendo cumplido con las disposiciones reglamentarias establecidas para el efecto.

.....

Ing. Milton Fernando Cabezas Guerrero, PhD.
DIRECTOR DE PROYECTO DE INVESTIGACIÓN

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

El suscrito, **Ing. Milton Fernando Cabezas Guerrero, PhD.**, mediante el presente cumpla en presentar a usted, el informe de proyecto de Investigación titulado **“Efecto de los extractos vegetales sobre el desarrollo larval de *Spodoptera frugiperda* en condiciones de laboratorio”**, presentado por el estudiante **Gabriel Alejandro Boza Ortiz**, egresado de la Carrera de Agronomía, que fue revisado bajo mi dirección según resolución del Consejo Directivo de la Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales, que se ha desarrollado de acuerdo al Reglamento de la Unidad de Integración Curricular de la Universidad Técnica Estatal de Quevedo y cumple con el requerimiento de análisis de COMPILATIO el cual avala los niveles de originalidad en un 92% y similitud 8%, del trabajo investigativo. Valido este documento para que el estudiante siga con los trámites pertinentes, de acuerdo como lo establece el Reglamento.

**CERTIFICADO DE ANÁLISIS**
magister

Gabriel_Boza_Compilatio

8%
Textos sospechosos

9% Similitudes
 < 1% similitudes entre comillas (ignorado)
 0% entre las fuentes mencionadas
 < 1% Idiomas no reconocidos

Nombre del documento: Gabriel_Boza_Compilatio.docx ID del documento: 1b35c4632420c5d0f765d51cb216ffcd922451f Tamaño del documento original: 348,93 kB	Depositante: MILTON FERNANDO CABEZAS GUERRERO Fecha de depósito: 8/5/2024 Tipo de carga: interface fecha de fin de análisis: 8/5/2024	Número de palabras: 8681 Número de caracteres: 57.877
---	--	--

.....
Ing. Milton Fernando Cabezas Guerrero, PhD.
DIRECTOR DE PROYECTO DE INVESTIGACIÓN



UNIVERSIDAD TÉCNICA ESTATAL DE QUEVEDO
FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS Y FORESTALES
CARRERA DE AGRONOMÍA

PROYECTO DE INVESTIGACIÓN

Título:

“Efecto de los extractos vegetales sobre el desarrollo larval de *Spodoptera frugiperda* en condiciones de laboratorio.”

Presentado al Consejo Directivo de Facultad como requisito previo a la obtención del título de Ingeniero Agrónomo.

Aprobado por:

PRESIDENTE DEL TRIBUNAL

Ing. Hayron Fabricio Canchignia Martínez, PhD.

MIEMBRO DEL TRIBUNAL

Lcdo. Víctor Manuel Guamán Sarango, PhD.

MIEMBRO DEL TRIBUNAL

Ing. Moisés Arturo Menace Almea, MSc.

QUEVEDO – LOS RÍOS – ECUADOR

2024

AGRADECIMIENTO

Quiero expresar mi sincero agradecimiento a la Universidad Técnica Estatal de Quevedo, por ser el alma mater que ha guiado mi formación académica. Durante todos los semestres, las enseñanzas impartidas han sido fundamentales para mi crecimiento y desarrollo.

A la Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales, y en particular a mi carrera de Agronomía, les agradezco por proporcionarme un entorno educativo enriquecedor. Los profesores y la estructura académica han sido pilares esenciales en mi formación, permitiéndome adquirir los conocimientos necesarios para llevar a cabo esta investigación.

Mi profundo agradecimiento se extiende a los docentes que generosamente han compartido su experiencia y apoyo durante el desarrollo de este proyecto de investigación. Su guía ha sido invaluable y ha contribuido significativamente al éxito de este trabajo.

Quiero expresar mi reconocimiento especial a cada miembro de mi tribunal de tesis. Su dedicación y tiempo invertido en la revisión y evaluación de este trabajo son apreciados. Sus comentarios constructivos han sido esenciales para mejorar la calidad de la investigación.

Agradezco a cada entidad y persona que ha contribuido a mi formación y a la realización de esta investigación. Su apoyo ha sido fundamental en este importante logro académico.

DEDICATORIA

Dedico este trabajo de investigación a las personas que han sido fundamentales en mi trayectoria académica y personal.

A mis padres, Mamá (Vilma Iralda Ortiz Moreira) y Papá (Cesar Roberto Boza Soriano), cuyo amor y sacrificios son la fuerza detrás de cada logro. A mi hermano, tía y cuñada, Cesar Roberto Boza Ortiz, Jacqueline Cumanda Ortiz Moreira y Melanie Coello, por su apoyo constante.

A mi mejor amigo, Nicolás Villacis Amaya, A mi amiga Doménica Cruz, quien ha sido un apoyo invaluable desde casi el primer semestre hasta el final de la carrera.

Este trabajo es el resultado de un esfuerzo colectivo, y dedico cada logro a todos ustedes. Gracias por ser parte de este viaje y por inspirarme en cada página de esta tesis.

Con cariño y gratitud, este logro es también suyo.

Gabriel Alejandro Boza Ortiz

RESUMEN

El gusano cogollero es una especie polífaga que afecta principalmente los cultivos de maíz y sorgo. Durante los primeros días de desarrollo de la planta, la larva puede actuar cortando la planta cerca del suelo o defoliándola parcial o totalmente, lo que causa la muerte de la planta, durante el período de desarrollo vegetativo el daño se centra al cogollo. Como alternativa de control se encuentran los extractos vegetales los cuales son sustancias naturales con un amplio espectro de bioactividad debido a la presencia de varios ingredientes activos. El objetivo del presente estudio fue determinar el efecto de los extractos vegetales sobre el desarrollo larval de *Spodoptera frugiperda* en condiciones de laboratorio. La investigación se la realizó en el laboratorio de Química y Bioquímica del Campus Universitario “La María” perteneciente a la Universidad Técnica Estatal de Quevedo, localizada en el km. 7,5 vía Quevedo – El Empalme, con coordenadas geográficas de 1° 04' 49.2 " S, 79° 30' 05.3" W. Se empleó un Diseño Completamente al Azar (DCA) que constó de siete tratamientos distintos: extractos alcohólicos de *Rottboellia cochinchinensis* y *Eleusine indica*, extractos hidroalcohólicos de *Rottboellia cochinchinensis* y *Eleusine indica*, aceite esencial de *Syzygium aromaticum*, ácido piroleñoso y agua destilada como control. Para la evaluación, se registraron datos de peso de larvas, sobrevivencia de larvas y mortalidad de *Spodoptera frugiperda*. Los resultados obtenidos en cada una de las variables evaluadas muestran que no hubo diferencias significativas entre los tratamientos ($p > 0.05$). En conclusión, los resultados sugieren que, si bien los extractos vegetales son considerados una alternativa de control de plagas, su efectividad puede variar dependiendo de la especie, por consiguiente, se recomienda realizar más investigaciones para evaluar otros extractos vegetales y sus concentraciones, así como su efecto en diferentes etapas del ciclo de vida de *S. frugiperda*.

Palabras claves: extractos vegetales, *Spodoptera frugiperda*, mortalidad larval.

ABSTRACT

The fall armyworm is a polyphagous species that mainly affects corn and sorghum crops. During the first days of plant development, the larva can act by cutting the plant close to the ground or partially or completely defoliating it, which causes the death of the plant. During the vegetative development period the damage is focused on the bud. As a control alternative, there are plant extracts, which are natural substances with a broad spectrum of bioactivity due to the presence of several active ingredients. The objective of the present study was to determine the effect of plant extracts on the larval development of *Spodoptera frugiperda* under laboratory conditions. The research was carried out in the Chemistry and Biochemistry laboratory of the “La María” University Campus belonging to the State Technical University of Quevedo, located at km. 7.5 via Quevedo – El Empalme, with geographical coordinates of 1° 04' 49.2 " S, 79° 30' 05.3" W. A Completely Random Design (DCA) was used that consisted of seven different treatments: alcoholic extracts of *Rottboellia cochinchinensis* and *Eleusine indica*, hydroalcoholic extracts of *Rottboellia cochinchinensis* and *Eleusine indica*, essential oil of *Syzygium aromaticum*, pyroligneous acid and distilled water as control. For the evaluation, data on larval weight, larval survival and mortality of *Spodoptera frugiperda* were recorded. The results obtained in each of the variables evaluated show that there were no significant differences between the treatments ($p > 0.05$). In conclusion, the results suggest that, although plant extracts are considered an alternative for pest control, their effectiveness may vary depending on the species, therefore it is recommended to carry out more research to evaluate other plant extracts and their concentrations, as well as their effect. at different stages of the life cycle of *S. frugiperda*

Keywords: plant extracts, *Spodoptera frugiperda*, larval mortality.

TABLA DE CONTENIDO

PORTADA	i
DECLARACIÓN DE AUTORÍA Y SESIÓN DE DERECHOS	ii
CERTIFICACIÓN DE CULMINACIÓN DEL TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR	iii
CERTIFICADO DEL REPORTE DE LA HERRAMIENTA DE PREVENCIÓN DE COINCIDENCIA Y/O PLAGIO ACADÉMICO	iv
CERTIFICADO DE APROBACIÓN POR TRIBUNAL DE SUSTENTACIÓN	v
AGRADECIMIENTO	vi
DEDICATORIA	vii
RESUMEN	viii
ABSTRACT	ix
TABLA DE CONTENIDO	x
CÓDIGO DUBLÍN	xvi
Introducción	1
CAPÍTULO I.	
CONTEXTUALIZACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN	3
1.1. Problema de investigación	4
1.1.1. Planteamiento del problema	4
1.1.2. Formulación del problema	5
1.1.3. Sistematización del problema	5
1.2. Objetivos	6
1.2.1. Objetivo general	6
1.2.2. Objetivos específicos	6
1.3. Justificación	7
CAPÍTULO II.	
FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA DE LA INVESTIGACIÓN	8
2.1. Marco conceptual	9
2.1.1 ¿Qué es un extracto vegetal?.	9
2.1.2. <i>Rottboellia cochinchinensis</i> (Lour) W.D. (Caminadora)	9
2.1.3. <i>Eleusine indica</i> (Paja de Burro)	9
2.1.4. <i>Syzygium aromaticum</i> (Clavo de olor)	9

2.1.5. Ácido piroleñoso.....	10
2.1.6. <i>Spodoptera frugiperda</i> (Gusano cogollero)	10
2.2. Marco Referencial	10
2.2.1. Origen y clasificación taxonómica de <i>Rottboellia cochinchinensis</i>	10
2.2.1.2. Ciclo de vida de <i>R. cochinchinensis</i>	11
2.2.2. Generalidades y clasificación taxonómica de <i>Eleusine indica</i> (Paja de burro)	12
2.2.3. Generalidades de <i>Spodoptera frugiperda</i>	12
2.2.3.1. Importancia.	13
2.2.3.2. Control químico.....	13
2.2.3.3. Control biológico.	14
2.2.4. Revisiones bibliográficas sobre el uso de extractos vegetales como biocontroladores de insectos patógenos	14
CAPÍTULO III.	
METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN.....	17
3.1. Localización	18
3.2. Tipo de investigación	18
3.3. Método de investigación	18
3.3.1. Método de observación	18
3.3.2. Método analítico	18
3.3.3. Método de síntesis	18
3.4. Fuente de recopilación de información	18
3.5. Diseño de la investigación.....	19
3.5.1. Factores de estudio	19
3.5.2. Tratamientos	19
3.5.3. Diseño experimental	19
3.6. Instrumentos de investigación	20
3.6.1. Manejo del experimento	20
3.6.1.1. Colección de poblaciones de <i>S. frugiperda</i>	20
3.6.1.2. Cría y mantenimiento de <i>S. frugiperda</i> en laboratorio.	20
3.6.1.3. Extracción con solventes polares.	21
3.6.1.4. Extracción de <i>Syzygium aromaticum</i> (Clavo de olor).....	21
3.6.1.5. Producción de Ácido piroleñoso.	21
3.6.1.6. Bioensayos.....	22

3.6.2. Variables a evaluar.....	22
3.6.2.1. Peso de larvas.	22
3.6.2.2. Sobrevivencia de larvas.....	22
3.6.2.3. Mortalidad de <i>S. frugiperda</i>	22
3.7. Tratamientos de los datos	23
3.8. Recursos Humanos y Materiales	23
3.8.1. Recursos Humanos	23
3.8.2. Recursos materiales.....	23
3.8.2.1. Material vegetal	23
3.8.2.2. Materiales y equipos de laboratorio.	24
3.8.2.3. Materiales de oficina.....	24
3.8.2.4. Ingredientes de la dieta artificial.	24
3.8.2.5. Reactivos.	24
CAPÍTULO IV.	
RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	25
4.1. Resultados.....	26
4.1.1. Peso de larvas.....	26
4.1.2. Sobrevivencia de larvas.....	26
4.1.3. Mortalidad de <i>S. frugiperda</i>	27
4.2. Discusión	28
CAPÍTULO V.	
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	30
5.1. Conclusiones.....	31
5.2. Recomendaciones	32
CAPÍTULO VI.	
BIBLIOGRAFIA.....	33
6.1. Bibliografía.....	34
CAPÍTULO VII.	
ANEXOS.....	38
7.1. Anexos.....	39

INDICE DE TABLAS

Tabla 1. Taxonomía de <i>Rottboellia cochinchinensis</i>	11
Tabla 2. Taxonomía de <i>Eleusine indica</i>	12
Tabla 3. Taxonomía <i>S. frugiperda</i>	13
Tabla 4. Tratamientos que se emplearán en la investigación	19
Tabla 5. Esquema del análisis de varianza	20

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Peso de larvas a las 144 horas.....	26
Figura 2. Supervivencia larval a las 48, 96 y 144 horas.....	27
Figura 3. Mortalidad de <i>S. frugiperda</i> bajo diferentes extractos.....	27

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo A. Colección de poblaciones de <i>S. frugiperda</i>	39
Anexo B. Cría y mantenimiento de <i>S. frugiperda</i>	39
Anexo C. Extracto Vegetal de <i>Rottboellia cochinchinensis</i> y <i>Eleusine indica</i>	39
Anexo D. Extracción de Aceite vegetal de <i>Syzygium aromaticum</i>	40
Anexo E. Adeva peso de larvas a las 144h	40
Anexo F. Adeva sobrevivencia de larvas	41
Anexo G. Mortalidad de <i>S. frugiperda</i>	41

CÓDIGO DUBLÍN

Título:	Efecto de los extractos vegetales sobre el desarrollo larval de <i>Spodoptera frugiperda</i> en condiciones de laboratorio
Autor:	Gabriel Alejandro Boza Ortiz
Palabras Clave:	Extractos vegetales, <i>Spodoptera frugiperda</i> , mortalidad larval.
Fecha de publicación:	
Editorial:	Quevedo: UTEQ, 2024
Resumen:	El gusano cogollero es una especie polífaga que afecta principalmente los cultivos de maíz y sorgo. Durante los primeros días de desarrollo de la planta, la larva puede actuar cortando la planta cerca del suelo o defoliándola parcial o totalmente, lo que causa la muerte de la planta, durante el período de desarrollo vegetativo el daño se centra al cogollo. Como alternativa de control se encuentran los extractos vegetales los cuales son sustancias naturales con un amplio espectro de bioactividad debido a la presencia de varios ingredientes activos.....
Abstract:	The fall armyworm is a polyphagous species that mainly affects corn and sorghum crops. During the first days of plant development, the larva can act by cutting the plant close to the ground or partially or completely defoliating it, which causes the death of the plant. During the vegetative development period the damage is focused on the bud. As a control alternative, there are plant extracts, which are natural substances with a broad spectrum of bioactivity due to the presence of several active ingredients.....
Descripción:	41 hojas; dimensiones, 29 x 21 cm + CD – ROM 6162
URL:	

Introducción

Desde 1972 se ha realizado un estudio sistemático de la flora del Ecuador, como resultado se han publicado 80 volúmenes de la colección (Velásquez, 2014). Este país se encuentra entre los 17 países con mayor biodiversidad del planeta. La amplia gama de condiciones climáticas en las cuatro regiones ha dado lugar a miles de especies de flora (Rivadeneira, 2018). La flora es increíblemente rica, hay un estimado de 25,000 especies de plantas vasculares (Jørgensen, 1999).

Las malas hierbas surgen espontáneamente y compiten con los cultivos, lo que afecta negativamente la calidad y cantidad de la cosecha y provoca pérdidas económicas al agricultor (Mendoza *et al.*, 2019). Son especies que, bajo ciertas condiciones, causan daños económicos y sociales al agricultor (Correa, 2018). Son de naturaleza agresiva y difícil de controlar dentro de un sistema de producción. Además, pueden causar daños reales o potenciales, ya que sus impactos negativos superan cualquier posible beneficio (Gil, 2008).

El uso de extractos de plantas como insecticidas alternativos disminuye los problemas asociados con los insecticidas químicos sintéticos, como los desequilibrios ambientales, los impactos en la biodiversidad y la contaminación del agua. Además, reduce la resistencia de los insectos y no deja residuos tóxicos para los humanos (Celis *et al.*, 2008). Los efectos sobre los insectos se evalúan sumergiendo alimentos en extractos o aplicándolos en la dieta o directamente sobre las plagas y sus huéspedes (Fernández *et al.*, 1996).

Spodoptera frugiperda, también conocida como “gusano cogollero”, “gusano cortador” o “polilla del maíz”, es una de las plagas más dañinas de diversos cultivos (Amaguaña, 2012). Perteneciente al orden Lepidóptera y se considera una de las principales plagas de *Zea mays*. El daño está entre 13% y 60%, pero puede causar pérdidas totales de cultivos (Cedeño, 2020). Ataca principalmente al maíz, sorgo y arroz, pero también en menor medida a hortalizas y algodón, entre otros cultivos (Amaguaña, 2012). Esta plaga se distribuye por todas las zonas agrícolas tropicales y subtropicales del continente americano (Tejeda *et al.*, 2016).

Los daños causados por esta plaga pueden conducir a una reducción de la producción, que puede ir desde un 20% hasta la pérdida total del cultivo si la plaga ataca en periodos cercanos a la floración (Mora, 2019). El daño ocurre cuando las larvas alcanzan su etapa más avanzada

de desarrollo. Las larvas neonatas se entierran en los brotes y se alimentan de las hojas en crecimiento, lo que provoca pinchazos y rasgaduras visibles a medida que crece el cultivo (Banda *et al.*, 1981).

El manejo biológico de plagas mediante el uso de plantas o partes de plantas es una medida de control, así como una medida cultural o legal, es una estrategia del Manejo Integrado de Plagas (MIP) (Cruz, 2021). Los extractos vegetales han demostrado efectos prometedores en el control *S. frugiperda* (Lizarazo *et al.*, 2008). Estos extractos actúan de diferentes formas, por ejemplo, provocando toxicidad en las larvas, reduciendo su supervivencia y provocando deformaciones en su desarrollo (Nava *et al.*, 2012).

Como parte integral del constante esfuerzo por desarrollar prácticas agrícolas sostenibles y respetuosas con el medio ambiente, el presente estudio se centra en evaluar el potencial de los extractos vegetales para el control de *S. frugiperda*. La importancia de encontrar métodos de manejo que minimicen los impactos negativos de las plagas en los cultivos es crucial para la seguridad alimentaria y la preservación de los ecosistemas agrícolas.

En este contexto, la investigación propone explorar los efectos de los extractos vegetales específicos, aprovechando su potencial como alternativas biológicas a los insecticidas químicos. Este enfoque no solo busca mitigar los daños causados por *Spodoptera frugiperda*, sino también contribuir al desarrollo de estrategias agrícolas más sostenibles y amigables con la biodiversidad, en línea con los principios del Manejo Integrado de Plagas (MIP).

CAPÍTULO I
CONTEXTUALIZACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN

1.1. Problema de investigación

1.1.1. Planteamiento del problema

La investigación se centra en la necesidad apremiante de encontrar alternativas de control eficaces y sostenibles para combatir al insecto-plaga *Spodoptera frugiperda*, que amenaza gravemente los cultivos de maíz. Específicamente, se indaga sobre la funcionalidad de los extractos vegetales frente al insecto-plaga, evaluando su potencial para el control de esta plaga en condiciones de laboratorio.

La presencia de *S. frugiperda* en los cultivos mencionados, como el sorgo, maíz, arroz y la caña de azúcar, causa daños significativos que impactan negativamente en la producción y la seguridad alimentaria, subrayando la importancia crítica de encontrar soluciones efectivas y sostenibles para combatir esta plaga.

En respuesta a la necesidad de reducir la dependencia de pesticidas químicos, se busca una solución más natural y respetuosa con el medio ambiente mediante el uso de extractos vegetales. Este planteamiento se realiza con el propósito de evaluar la eficacia de dichos extractos, con la meta de encontrar una alternativa viable para el control de *S. frugiperda*.

Diagnóstico

Se investigan los extractos vegetales como agentes de control en condiciones controladas para *S. frugiperda*. Estos insectos amenazan principalmente al maíz y otros cultivos relacionados. El objetivo es encontrar alternativas naturales y efectivas para afectar el comportamiento de larvas de *S. frugiperda*. Este método tiene como objetivo proporcionar una forma más sostenible y respetuosa con el medio ambiente de controlar las plagas en la agricultura.

Es importante destacar que la investigación sobre el uso de extractos vegetales como agentes de control de *S. frugiperda* es prometedora, pero todavía está en etapas tempranas. Para determinar la eficacia de estos extractos en condiciones de campo y evaluar su viabilidad práctica a gran escala, se requiere más investigación.

Pronóstico

Los pesticidas químicos tienen un impacto cada vez más negativo en el medio ambiente y la salud humana, por lo que se necesitan alternativas más sostenibles para el control de plagas. Según los estudios actuales, los extractos vegetales pueden contener compuestos bioactivos que muestran actividad insecticida contra *S. frugiperda*. A pesar de que se han llevado a cabo estudios *in vitro*, la próxima etapa de la investigación debe incluir pruebas en condiciones de campo para evaluar la eficacia de estos extractos en condiciones más realistas.

En el futuro, estos extractos vegetales podrían ser útiles para controlar a *S. frugiperda*, ofreciendo una opción más segura y amigable con el medio ambiente. Sin embargo, para determinar su eficacia a largo plazo, evaluar su impacto en otros organismos y crear estrategias de aplicación adecuadas, se requieren más investigaciones y pruebas rigurosas.

La implementación segura y efectiva de estos extractos vegetales en el control de plagas, beneficiando tanto a los agricultores como al medio ambiente, sería posible con un pronóstico a futuro sólido y respaldado por evidencia científica.

1.1.2. Formulación del problema

¿Cuál es el efecto de los extractos vegetales sobre la mortalidad de *Spodoptera frugiperda*?

1.1.3. Sistematización del problema

¿Cuál es el impacto de los extractos vegetales en el estadio larval de *Spodoptera frugiperda*?

¿Cómo influyen los extractos vegetales en la capacidad de sobrevivencia larval de *S. frugiperda*?

¿Cuál es el mejor extracto vegetal en la mortalidad de *Spodoptera frugiperda*?

1.2. Objetivos

1.2.1. *Objetivo general*

- Determinar el efecto de los extractos vegetales sobre el desarrollo larval de *Spodoptera frugiperda* en condiciones de laboratorio.

1.2.2. *Objetivos específicos*

- Evaluar el efecto de los extractos vegetales en el desarrollo larval de *S. frugiperda*.
- Analizar la sobrevivencia de larvas de *S. frugiperda* a los extractos vegetales.
- Determinar el efecto de los extractos sobre la mortalidad de *S. frugiperda*.

1.3. Justificación

La evaluación del impacto de los extractos vegetales en el control de *Spodoptera frugiperda* presenta una relevancia significativa en el contexto del manejo sostenible de plagas agrícolas. La plaga *S. frugiperda*, conocida por su capacidad devastadora en cultivos de maíz y otros, representa un desafío constante para la producción agrícola. En este sentido, la búsqueda de alternativas viables y amigables con el medio ambiente para su control se vuelve esencial.

La utilización de pesticidas químicos convencionales, a menudo empleados en la lucha contra *S. frugiperda* plantea riesgos ambientales y preocupaciones relacionadas con la salud humana. En este contexto, los extractos vegetales se perfilan como prometedores candidatos para el desarrollo de estrategias de control más sostenibles. Estas especies vegetales, reconocidas por sus propiedades bioactivas, podrían desempeñar un papel crucial en el Manejo Integrado de Plagas.

Esta investigación busca determinar la efectividad de los extractos en el estadio larval de *S. frugiperda*. Además, la elección del método más eficaz para la extracción de los extractos, añade rigor científico asegurando resultados consistentes y comparables.

Este trabajo no solo aborda una necesidad inmediata en términos de control de plagas agrícolas, sino que también establece las bases científicas para la implementación de prácticas de manejo integrado de plagas. Reducir la dependencia de los pesticidas químicos en la agricultura y promover enfoques más sostenibles y respetuosos con el medio ambiente, son metas claves que la presente investigación se propone alcanzar, contribuyendo así al avance y la innovación en la protección de los cultivos.

Este trabajo aborda la necesidad de controlar plagas agrícolas, específicamente en cultivos de maíz, de manera sostenible. Establece bases científicas para prácticas de manejo integrado de plagas, reduciendo la dependencia de pesticidas químicos y promoviendo métodos más ecológicos. Beneficiará a los agricultores con soluciones más seguras y económicas, mejorando la seguridad alimentaria y la salud pública en comunidades rurales.

CAPÍTULO II
FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA DE LA INVESTIGACIÓN

2.1. Marco conceptual

2.1.1. ¿Qué es un extracto vegetal?

Los extractos vegetales contienen fitoquímicos, también conocidos como metabolitos secundarios, que son compuestos derivados de plantas con una variedad de propiedades y beneficios. Estos metabolitos secundarios pueden ser útiles para combatir plagas y enfermedades, así como para estimular el crecimiento vegetativo y aumentar la resistencia a factores abióticos adversos como la sequía, el granizo y las heladas (Restrepo, 2019).

2.1.2. *Rottboellia cochinchinensis* (Lour) W.D. (Caminadora)

Es una especie anual de Poaceae que se originó en Asia tropical y se ha extendido a las Américas y África tropical. Se considera una maleza invasora, ya que puede competir con cultivos y plantas nativas, reduciendo así la biodiversidad y afectando los ecosistemas locales. Afecta a los cultivos anuales, tropicales y pastos. (Ynfante, 2017).

2.1.3. *Eleusine indica* (Paja de Burro)

Es una planta anual que puede llegar a una altura máxima de 0.80 m con un tallo erecto con ramificaciones en su parte inferior, sus hojas o vainas foliares pueden tener hasta 0.30 m de largo y 9 mm de ancho, con pelos marginales en la parte superior, la inflorescencia, alrededor de 0.15 m de largo ramificada en forma digitada con 5 hasta 12 espigas en su ápice unas encima de otras (Méndez, 2019).

2.1.4. *Syzygium aromaticum* (Clavo de olor)

El clavo de olor es un árbol tropical de aproximadamente 7 a 12 metros de alto, de tallos ramificados y de corteza gris, hojas simples alternas, ova lanceoladas, puntiagudas, coriáceas de color verde lustrosas parecidas al laurel. El aceite esencial a bases de *Syzygium aromaticum* es conocido por su actividad insecticida, antimicrobiana y nematicida gracias al eugenol como principal componente activo, Además, se ha utilizado en diversas aplicaciones medicinales y terapéuticas debido a sus propiedades antioxidantes y antiinflamatorias. Su potencial en el manejo integrado de plagas lo convierte en una herramienta valiosa para la agricultura sostenible (Taniwiryono *et al.*, 2009).

2.1.5. Ácido piroleñoso

El ácido piroleñoso es una fracción líquida acuosa compleja altamente oxigenada obtenida por la condensación de vapores de pirólisis, que resultan de la degradación termoquímica o pirólisis de componentes de la biomasa vegetal como la celulosa, la hemicelulosa y la lignina (Mathew y Zakaria, 2015).

2.1.6. *Spodoptera frugiperda* (Gusano cogollero)

El gusano cogollero es una especie polífaga, afecta principalmente los cultivos de maíz y sorgo. Durante los primeros días de desarrollo de la planta, la larva puede actuar cortando la planta cerca del suelo (como trozadora), o defoliándola parcial o totalmente, lo que causa la muerte de la planta, durante el período de desarrollo vegetativo el daño generalmente se centra al cogollo (actuando como cogollero) (Pionner, 2018).

2.2. Marco Referencial

2.2.1. Origen y clasificación taxonómica de *Rottboellia cochinchinensis*

Rottboellia cochinchinensis se originó en Asia tropical y se ha extendido a América y África tropical. Es una de las malezas más peligrosas para los cultivos anuales, tropicales y pastos (Ynfante, 2017). La clasificación taxonómica es fundamental en la biología para organizar y entender la diversidad de los seres vivos. Permite agrupar a los organismos en categorías jerárquicas basadas en sus características compartidas.

Esta especie se encuentra entre las 18 malezas más problemáticas del mundo, causando mayores daños a cultivos como soya, maní, algodón, sorgo, arroz, caña de azúcar y maíz (Holm *et al.*, 1977). Esta maleza es capaz de originar reducciones del rendimiento de los cultivos de hasta el 100% como producto de su característica competitiva y alelopática. Es un hospedero secundario de una serie de plagas de los cultivos, como son barrenadores del tallo de los cereales. Una densidad de esta maleza de 50 plantas/m² puede reducir los rendimientos en maíz en casi un 50% (Mejia y Hernández, 2000).

Su taxonomía se presenta a continuación:

Tabla 1*Taxonomía de Rottboellia cochinchinensis*

Taxonomía	Categoría
Dominio:	Eukarya
Reino:	Plantae
División (Phyllum):	Spermatophyta
Subdivisión (Subphyllum):	Spermatophytina
Clase:	Monocotyledonae
Orden:	Cyperales
Familia:	Poaceae
Género:	<i>Rottboellia</i>
Especie:	<i>R. cochinchinensis</i>

Fuente: (Buenfil, 2016).**2.2.1.2. Ciclo de vida de *R. cochinchinensis*.**

Las malezas enterradas a una profundidad de 2 cm muestran la aparición de coleóptilos en un lapso de 4 a 5 días. Los primeros macollos (1 al 5) emergen aproximadamente tres semanas después de la siembra, y el proceso de formación de nuevos macollos continúa durante 44 días. En promedio, cada planta produce alrededor de 100 macollos (Calzada *et al.*, 2016).

El primer signo de floración se manifiesta a través del alargamiento de los entrenudos superiores y la formación de un ángulo amplio entre el tallo madre o macollo primario (que crece generalmente en posición vertical) y los demás macollos. Posteriormente, se desarrolla la hoja bandera y finalmente emerge el ápice de la inflorescencia (Calzada *et al.*, 2016).

Las espiguillas surgen durante un período de 15 días. El polen es liberado a los 4-9 días después de la emergencia de las espiguillas. La maduración de la semilla se indica por un cambio de coloración verde a marrón en la espiguilla, momento en el cual la liberación se lleva a cabo. Las primeras 8 a 12 espiguillas se rompen o se liberan de 2 a 4 días después de la emergencia de la inflorescencia de la última espiguilla. El periodo para que maduren todas las espiguillas es aproximadamente de un mes (Calzada *et al.*, 2016).

2.2.2. Generalidades y clasificación taxonómica de *Eleusine indica* (Paja de burro)

Eleusine es un pequeño género de gramíneas (ocho especies), predominantemente africana, *E. indica* es una de las más malezas más problemáticas en el mundo, es dañina para 45 cultivos, principalmente arroz, maíz y soya. Se desarrolla de mejor manera en lugares soleados o con poca sombra, pantanos, terrenos baldíos, bordes de caminos, canales, prados y pastos (Neves, 2011).

La taxonomía de *Eleusine indica* nos proporciona información clave sobre su relación con otras especies. Se presenta la clasificación taxonómica detallada de *Eleusine indica*:

Tabla 2

Taxonomía de Eleusine indica

Taxonomía	Categoría
Reino	Plantae
División (Phyllum):	Magnoliophyta
Clase:	Liliopsida
Orden:	Cyperales
Familia:	Poaceae
Género:	<i>Eleusine</i>
Especie:	<i>Eleusine indica</i>

Fuente: (Sánchez y Crespo, 2022).

2.2.3. Generalidades de *Spodoptera frugiperda*

Spodoptera frugiperda comumente conocido como gusano cogollero se encuentra presente en el cultivo del maíz, el ataque puede ocurrir desde la fase de plántula hasta la fase de panoja y espiga. Las pequeñas orugas comienzan a raspar la rama foliar de las hojas más jóvenes y luego dañan las hojas centrales del verticilo medio, que pueden destruirse por completo. En apariciones tardías, las orugas pueden atacar la mazorca, destruyendo la paja y los granos. Además, pueden facilitar la entrada de humedad y patógenos, provocando pudriciones (Ávila *et al.*, 1997). Se presenta detalladamente la taxonomía de *S. frugiperda*:

Tabla 3*Taxonomía S. frugiperda*

Taxonomía	Categoría
Reino:	Animal
Filo:	Artrópoda
Subphylum:	Mandibulata
Clase:	Insecto
Subclase:	Endopterygota
División:	Pterygota
Orden:	Lepidoptera
Suborden:	Frenatae
Familia:	Noctuidae
Subfamilia:	Amphipyridae
Tribu:	Prodeniini
Género:	<i>Spodoptera</i>
Especie	<i>Spodoptera Frugiperda</i>

Fuente: (Amaguaña, 2012).**2.2.3.1. Importancia.**

El insecto *S. frugiperda*, una temida plaga en América, ataca el *Zea mays* en regiones tropicales y subtropicales, causando pérdidas que oscilan del 13% al 60%. Las zonas templadas sufren los mayores estragos, su presencia es generalizada, afectando todas las áreas maiceras, este insecto también amenaza a otras gramíneas como sorgo, arroz, pastos, y leguminosas como frijol, soya y cacahuate, así como cultivos hortícolas como papa, cebolla, pepino, col y camote (Guzmán, 2007).

2.2.3.2. Control químico.

Esta estrategia es la más aplicada en el control de *S. frugiperda*, sin embargo, el uso indiscriminado de estos insecticidas ha generado resistencia o tolerancia en la plaga. Se utilizan insecticidas que se aplican en el agua de riegos o por sistemas aéreos, además, los

insecticidas granulados que se aplican sobre las plantas jóvenes, pues es fácil que las partículas caigan al fondo del cogollo en el punto del crecimiento (Cortez, 2021).

Para controlar a *S. frugiperda* el estadio larvario adecuado es del primer al tercer instar de su ciclo, debido a que si se aplica en larvas de mayor instar podría disminuir el control. Después de la aplicación, revisar el cultivo habitualmente para descubrir las siguientes generaciones del insecto y comprobar si se requiere otro control, es clave para su manejo. La etapa crítica de control se presenta desde la emergencia del cultivo hasta los 60 días posteriores (Tejeda *et al.*, 2016).

2.2.3.3. Control biológico.

Es considerado una alternativa viable y segura para el ambiente (Enilda *et al.*, 2004). Este se basa en utilizar organismos vivos sobre insectos-plaga. De estos se mencionan a los microorganismos entomopatógenos como la bacteria *Bacillus thuringiensis* (Maldonado *et al.*, 2015), que es utilizada en gran medida para el control de insectos-plaga. Esta bacteria al ser ingerida por el insecto, produce una parálisis intestinal e impidiendo que siga alimentándose (Bravo y González, 2010).

El uso de hongos entomopatógenos, como *Metarhizium anisopliae* (Metchnikoff) Sorokin (agente causal de la muscardina verde), causa en el insecto la pérdida de movilidad y coordinación, cese de alimentación, provocándole finalmente la muerte. Asimismo, los virus entomopatógenos poseen alta virulencia en algunos insectos causantes de pérdidas en producción de maíz, como plagas del orden Lepidóptera (Valderrama *et al.*, 2010).

2.2.4. Revisiones bibliográficas sobre el uso de extractos vegetales como biocontroladores de insectos patógenos

La investigación titulada "Extractos vegetales utilizados como biocontroladores con énfasis en la familia Piperaceae, Una revisión" se enfoca en analizar el potencial de los extractos vegetales de la familia Piperaceae como agentes de control biológico en el manejo de plagas agrícolas de importancia económica. Esta revisión se fundamenta en estudios previos que han examinado la actividad insecticida y antifúngica de los extractos de Piperaceae, así como su capacidad como repelentes naturales de insectos. Estos hallazgos proporcionan una base

sólida para comprender y aprovechar el potencial de los recursos vegetales de la familia Piperaceae en el manejo sostenible de plagas y enfermedades en la agricultura (Celis *et al.*, 2008).

La investigación sobre el "Efecto de extractos vegetales de *Polygonum hydropiperoides*, *Solanum nigrum* y *Calliandra pittieri* sobre el gusano cogollero (*Spodoptera frugiperda*)" se centra en evaluar el potencial de estos extractos como biocontroladores para el manejo de la plaga del gusano cogollero en cultivos de importancia agrícola, particularmente en el maíz. El estudio se enfoca en determinar la toxicidad y la capacidad de repelencia de los extractos vegetales de *Polygonum hydropiperoides*, *Solanum nigrum* y *Calliandra pittieri* sobre las larvas de *Spodoptera frugiperda*. A través de la experimentación y análisis de estos extractos, se busca identificar posibles alternativas naturales y sostenibles para el control de esta plaga, contribuyendo así al desarrollo de prácticas agrícolas más respetuosas con el medio ambiente y menos dependientes de pesticidas químicos (Lizarazo *et al.*, 2008).

En la investigación titulada "Eficiencia de extractos vegetales como insecticida sobre *Sitophilus zeamais* en granos de maíz almacenados" se emplearon extractos vegetales como insecticida en granos de maíz almacenados. El porcentaje de repelencia fue del 86,75% con el polvo del extracto de *Annona squamosa* y del 79,25% con el *Piper nigrum*. Mortalidad del 100% fue lograda con el extracto de *Annona squamosa* y dosis de 5 mL y 98% con el extracto de *Pipernigrum* en la dosis de 14 mL, indicando la influencia de la dosis y del extracto sobre la mortalidad del *Sitophilus zeamais* adulto (Almeida *et al.*, 2014).

En la investigación titulada "Efecto bioplaguicida de extractos vegetales para el control de *S. frugiperda* en el cultivo de maíz (*Zea mays*)" se emplearon extractos vegetales para las variables estudiadas fueron número de larvas muertas, altura de las plantas y daño en hojas y tallos. Las plantas tratadas crecieron dos veces más y su grado de afectación, según la escala de Mihm, fue menor que las plantas del grupo control. Los porcentajes de eficacia de las seis especies vegetales y sus mezclas fueron representativos (>80 %), de acuerdo con Henderson y Tilton, demostrando que estos extractos vegetales son una alternativa viable para el control de *S. frugiperda* (Gualteros *et al.*, 2018).

En la investigación, titulada "Evaluación de extractos vegetales en el control *in vitro* del gusano cogollero *Spodoptera frugiperda* J.E. Smith (Lepidóptera: Noctuidae)", se establece

como objetivo general contribuir al conocimiento tecnológico en el manejo y control de plagas en el cultivo del maíz mediante el uso de extractos vegetales de plantas nativas de zonas áridas. Se utilizaron los extractos vegetales de *Larrea tridentata*, *Solanum elaeagnifolium* y *Helianthus ciliaris* para el control de *S. frugiperda*. Se identificó un efecto gradual de toxicidad y repelencia, observándose un aumento de los mismos con la concentración de los concentrados acuosos. Se destaca que el extracto acuoso a partir de fruto de *S. elaeagnifolium* fue el que mostró mayor efecto de mortalidad en larvas de segundo instar, con un 47.5% de mortalidad promedio en un lapso de 24 a 72 horas de exposición (Cortez, 2021).

CAPÍTULO III
METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

3.1. Localización

El presente trabajo de investigación se realizó en el laboratorio de Química y Bioquímica del Campus Universitario “La María” perteneciente a la Universidad Técnica Estatal de Quevedo, localizada en el km. 7,5 vía Quevedo – El Empalme, con coordenadas geográficas de 1° 04' 49.2 " S, 79° 30' 05.3" W.

3.2. Tipo de investigación

La investigación es de carácter experimental, esto con la finalidad de evaluar la funcionalidad de los extractos vegetales en el control de *Spodoptera frugiperda*.

3.3. Método de investigación

3.3.1. Método de observación

En este estudio, se llevó a cabo una observación para evaluar los efectos de los extractos vegetales en la mortalidad de *S. frugiperda*. La observación se realizó en un entorno controlado de laboratorio, donde se mantuvieron las condiciones ambientales óptimas para el desarrollo, observación de las larvas de *S. frugiperda* y ejecución del experimento.

3.3.2. Método analítico

Este enfoque analítico permitió explorar y analizar los factores que influyen en la eficacia de los extractos vegetales al considerar la mortalidad que provocan en las larvas de *S. frugiperda* en su tercer estadio.

3.3.3. Método de síntesis

Se empleó este método para la interpretación de los resultados con respecto a los objetivos planteados en este estudio.

3.4. Fuente de recopilación de información

Se obtuvo información de fuentes primarias mediante la realización de observaciones directas durante el período de investigación. Además, se recurrió a fuentes documentales

que abordan fenómenos o eventos de posible interés para la investigación. De la misma manera, se emplearon otras fuentes bibliográficas, incluyendo libros, revistas científicas y tesis de grado.

3.5. Diseño de la investigación

3.5.1. Factores de estudio

Los factores de estudio dentro de la presente investigación “Efecto de los extractos vegetales sobre la mortalidad de *S. frugiperda* en condiciones de laboratorio” incluyen los extractos vegetales utilizados y la evaluación de los efectos en términos de mortalidad y sobrevivencia de las larvas. Estas variables son esenciales para comprender cómo estos extractos vegetales pueden ser empleados como posibles agentes de control de plagas en la agricultura.

3.5.2. Tratamientos

Los tratamientos que se emplearán en la investigación se muestran en la Tabla 4.

Tabla 4

Tratamientos que se emplearán en la investigación

Nº	Tratamiento
1	<i>Rottboellia cochinchinensis</i> y (Alcohólico)
2	<i>Eleusine indica</i> (Alcohólico)
3	<i>Rottboellia cochinchinensis</i> (Hidroalcohólico)
4	<i>Eleusine indica</i> (Hidroalcohólico)
5	<i>Syzygium aromaticum</i> (Aceite)
6	Ácido Piroleñoso
7	Control (Agua destilada)

Elaborado: Autor

3.5.3. Diseño experimental

Se empleó el Diseño Completamente al Azar (DCA) para evaluar el efecto de los extractos vegetales sobre la mortalidad de *S. frugiperda*, el experimento contó con cuatro repeticiones y siete tratamientos (Tabla 5).

Tabla 5*Esquema del análisis de varianza*

Fuente de variación	Grados de libertad
Tratamientos	$7 - 1 = 6$
Error experimental	$27 - 6 = 21$
Total	$28 - 1 = 27$

Elaborado: Autor

3.6. Instrumentos de investigación

3.6.1. Manejo del experimento

3.6.1.1. Colección de poblaciones de *S. frugiperda*.

Se colectaron alrededor de 300 a 400 larvas de *S. frugiperda* en cultivos de maíz, las cuales se colocaron en vasos de plástico de 30 mL que contenían dieta artificial. Luego, las larvas se trasladaron al Laboratorio de Química y Bioquímica del Campus Universitario "La María". Las larvas fueron mantenidas en estos vasos hasta la formación de pupas.

3.6.1.2. Cría y mantenimiento de *S. frugiperda* en laboratorio.

Las pupas obtenidas de las larvas de campo se retiraron de la dieta y se desinfectaron con una solución de sulfato de cobre al 10%. Luego se colocaron en bandejas que en su interior contienen papel filtro y se cubrieron con una tapa de plástico transparente hasta la emergencia de los adultos. Se colocaron alrededor de 10 parejas de polillas por jaula en tubos de PVC de 10 cm de diámetro x 20 cm de altura, los cuales se cubrieron internamente con papel periódico para la ovoposición (Sierra *et al.*, 2022).

Dentro de las jaulas se colocó un recipiente de plástico que contenía una solución de miel al 10% en algodón para la alimentación de los adultos. El sustrato de postura y la solución de miel se cambiaron cada dos días. Las posturas contenidas en el papel periódico se cortaron y se colocaron en vasos plásticos transparentes (30 ml), junto con un trozo de papel filtro humedecido con agua para mantener la humedad interna. Cuando las larvas eclosionaron, se individualizaron en vasos plásticos que contenían dieta artificial a base de fréjol, germen de trigo y levadura de cerveza (Sierra *et al.*, 2022).

3.6.1.3. Extracción con solventes polares.

El material en estado seco y triturado se sometió a una extracción a temperatura ambiente utilizando etanol (EtOH) durante un período de 48 horas, con agitación constante. Este proceso se repitió una vez más. Los extractos resultantes se filtraron a través de papel filtro y se combinaron. El residuo de la extracción anterior se dejó secar a temperatura ambiente y luego se sometió a una segunda extracción utilizando una mezcla de etanol y agua en una proporción de 100% etanol y 50/50% hidroalcohólico como solventes secundarios de extracción. El proceso de extracción fue exactamente el mismo que el utilizado previamente.

Los solventes se eliminaron bajo presión reducida utilizando un evaporador rotatorio Heidolph, y se calculó el rendimiento en términos de gramos de extracto obtenido por cada 50 gramos de material vegetal seco.

3.6.1.4. Extracción de *Syzygium aromaticum* (Clavo de olor).

El proceso se llevó a cabo mediante un equipo de hidrodestilación, en el cual se utilizaron 100 gramos de clavo de olor, los cuales fueron colocados en un litro de agua destilada en el matraz de destilación. Este matraz se calentó a una temperatura de 70 grados Celsius, lo que permitió que los compuestos aromáticos se liberaran en el agua. Posteriormente, el aceite esencial se separó del agua utilizando tubos de ensayo y se sometió a un proceso de centrifugación durante 10 minutos para separar ambas fases. Una vez separada el agua, se obtuvo el aceite esencial de clavo de olor listo para su posterior aplicación.

3.6.1.5. Producción de Ácido piroleñoso.

El Ácido Piroleñoso utilizado en esta investigación fue proporcionado gracias al Ing. Cesar Ramiro Bermeo Toledo, cuyos trabajos en la Universidad Técnica Estatal de Quevedo en el campo de los abonos orgánicos son de gran relevancia. La extracción de ácido piroleñoso de la cáscara de arroz es un proceso que utiliza desechos agrícolas para producir un producto de valor agregado. Este proceso implica la carbonización de la cáscara de arroz a altas temperaturas en ausencia de oxígeno para producir una mezcla de gases y resinas.

Posteriormente, estos vapores se condensan y separan, dando como resultado la formación de ácido pirolínico, un líquido compuesto principalmente por ácidos acético, fórmico y láctico, entre otros componentes. La utilización de la cascarilla de arroz para la obtención de ácido piroleñoso no solo reduce los residuos agrícolas, sino que también promueve la economía circular y el desarrollo sostenible.

3.6.1.6. Bioensayos.

Los extractos fueron aplicados en una concentración de 1000 mg por kg (Isman & Rodríguez, 1983) de dieta artificial (Greene *et al.*, 1976). Se usaron placas de cultivos de tejidos de 24 pocillos para la realización del bioensayo. En cada pocillo se aplicó 1,5 mL de dieta por pocillo y se colocó una larva tercer instar.

3.6.2. Variables a evaluar

3.6.2.1. Peso de larvas.

El peso de larvas se registró en mg con la ayuda de una balanza analítica, se lo realizó a las 144 horas después del inicio del bioensayo.

3.6.2.2. Sobrevivencia de larvas.

Se evaluó la sobrevivencia larval a las 48, 96 y 144 horas después del inicio del bioensayo.

3.6.2.3. Mortalidad de *S. frugiperda*.

Para determinar la mortalidad de cada producto con sus respectivas concentraciones se empleó la fórmula de Schneider-Orelli.

$$\%Mc = \frac{\%MT - \%MC}{100 - \%MC} \times 100$$

Donde:

Mc %: Mortalidad corregida.

MT %: Porcentaje de mortalidad en el tratamiento.

MC %: Porcentaje de mortalidad en el control.

3.7. Tratamientos de los datos

Los datos fueron sometidos al análisis de varianza (ADEVA) ($p < 0,05$), previo la comprobación de normalidad de los residuos y homocedasticidad de las varianzas. Los datos de supervivencia fueron analizados mediante el método de supervivencia de Kaplan-Meier, el cual fue utilizado para generar las curvas de supervivencia y estimar el tiempo medio de supervivencia, por otro lado los datos de mortalidad se analizaron usando un Modelo Lineal Generalizado con distribución Binomial, con enlace logit (Demétrio *et al.*, 2014), evaluando la bondad de ajuste de la distribución con un gráfico de media normal con una envolvente simulada con el paquete hnp (Moral *et al.*, 2017).

Cuando el análisis de varianza mostró diferencias significativas ($p < 0,05$), las medias fueron comparadas mediante modelos de contrastes de Tukey ($p < 0,05$) con la función glht del paquete multcomp (Hothorn *et al.*, 2008). Todos los análisis fueron realizados con software estadístico R (R Core Team, 2022).

3.8. Recursos Humanos y Materiales

3.8.1. Recursos Humanos

- Gabriel Alejandro Boza Ortiz (Autor del proyecto de investigación)
- Dr. Milton Fernando Cabezas Guerrero (Auspicio de la Unidad de Integración Curricular)
- Dr. Pablo Cesar Ramos Corrales (Apoyo en la extracción y preparación de los extractos vegetales)

3.8.2. Recursos materiales

3.8.2.1. Material vegetal.

- *Rottboellia cochinchinensis* (Caminadora) recolectada en zona del Cantón Mocache.
- *Eleusine indica* (Paja de burro) recolectada en la zona del Cantón Mocache.
- *Spodoptera frugiperda* (Gusano cogollero) recolectada en la zona del Cantón Mocache.
- *Syzygium aromaticum* (Clavo de olor) recolectada en la zona del Cantón Mocache.
- Acido Piroleñoso recolectada en la zona del Cantón Mocache.

3.8.2.2. *Materiales y equipos de laboratorio.*

- Evaporador rotatorio Heidolph
- Balanza analítica
- Liofilizador L-T4 Rificor
- Papel filtro
- Etiquetas para muestras
- Vasos plásticos

3.8.2.3. *Materiales de oficina.*

- Lápices y bolígrafos
- Laptop
- Cámara fotográfica
- Cuaderno

3.8.2.4. *Ingredientes de la dieta artificial.*

- Frejol blanco
- Germen de trigo
- Levadura de cerveza
- Agar
- Ácido Ascórbico
- Ácido Sórbico
- Nipagin
- Formol 10 %
- Agua destilada

3.8.2.5. *Reactivos.*

- Agar
- Vitaminas y minerales
- Colorantes alimentarios
- Soluciones químicas para análisis

CAPÍTULO IV
RESULTADOS Y DISCUSIÓN

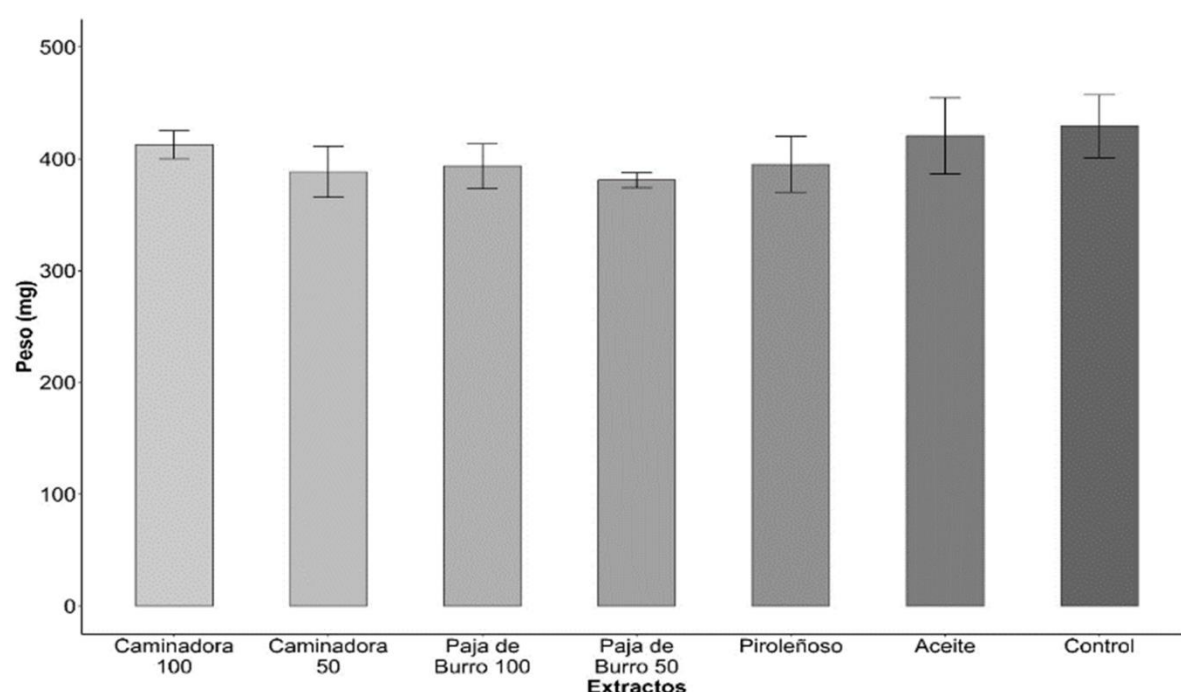
4.1. Resultados

4.1.1. Peso de larvas

En la variable peso de larvas a las 144 horas bajo la aplicación de los diferentes tratamientos no se observó diferencia significativa ($p > 0.05$) (Figura 1). Esta conclusión se ve respaldada por un coeficiente de varianza del 5,71%. Se observó un promedio general de peso larva de 0.403 mg para todos los tratamientos.

Figura 1

Peso de larvas a las 144 horas



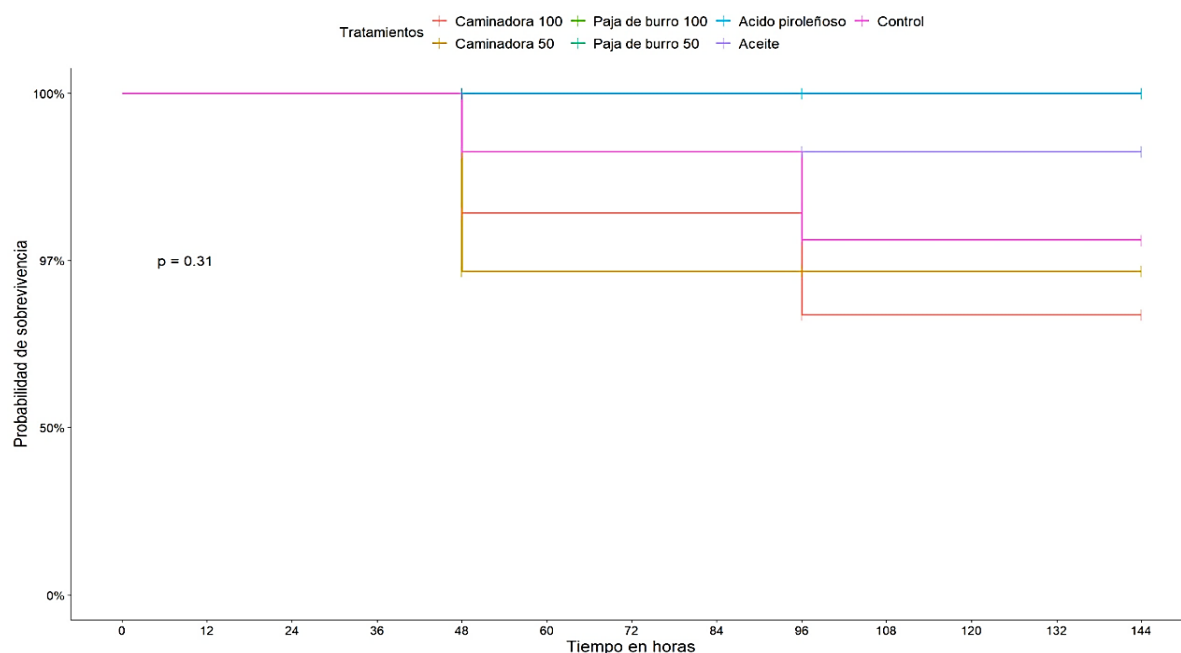
Nota: Las barras expresan la media y las líneas verticales sobre la media muestran la desviación estándar.

4.1.2. Supervivencia de larvas

La Figura 2 muestra la supervivencia larval de *S. frugiperda* a las 48, 96 y 144 horas bajo la aplicación de diferentes extractos indicando que no hubo diferencias significativas entre los tratamientos ($p > 0.05$). Por lo tanto, se concluye que todos los extractos aplicados exhibieron un efecto similar en la supervivencia larval a lo largo del tiempo evaluado, lo que sugiere una equivalencia en su capacidad para influir en este parámetro específico.

Figura 2

Sobrevivencia larval a las 48, 96 y 144 horas

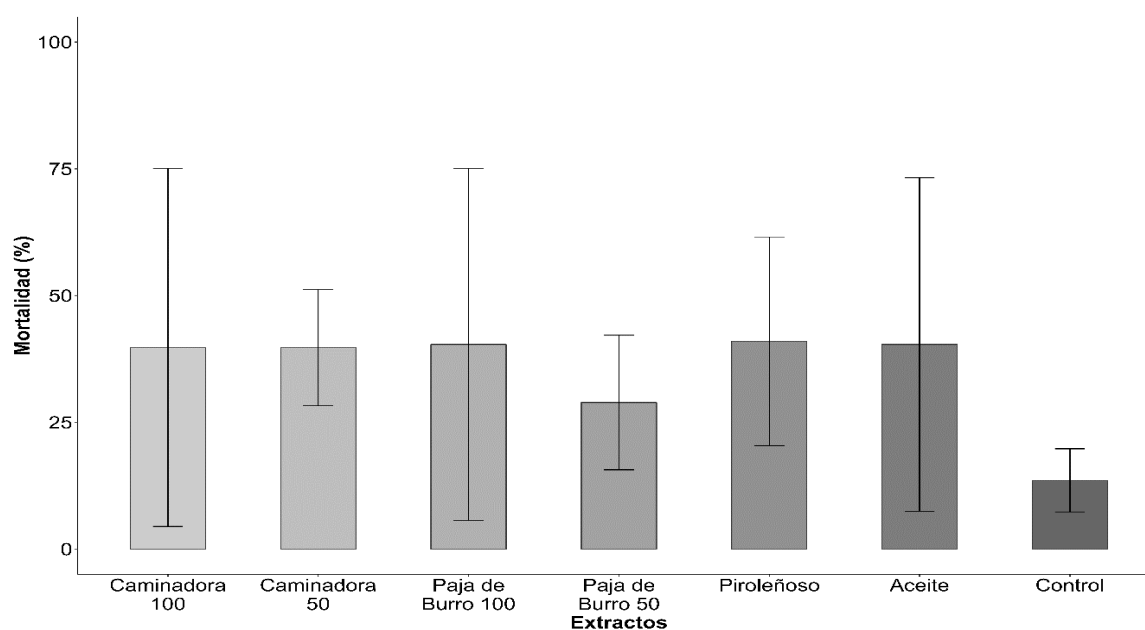


4.1.3. Mortalidad de *S. frugiperda*

No se registraron diferencias significativas en cuanto a la mortalidad larval observada entre los diferentes tratamientos ($p > 0.05$) (Figura 3). Se observó un promedio general de mortalidad de 34.80% para todos los tratamientos.

Figura 3

*Mortalidad de *S. frugiperda* bajo diferentes extractos*



Nota: Las barras expresan la media y las líneas verticales sobre la media muestran la desviación estándar.

4.2. Discusión

Los extractos vegetales pueden considerarse una forma de control biorracional, ya que aprovechan compuestos naturales presentes en las plantas para el control de plagas debido a la variedad de efectos sobre varios parámetros biológicos, fisiológicos y de comportamiento de los insectos objetivo. En este contexto, el presente estudio se enfocó en evaluar el efecto de diversos extractos vegetales en el desarrollo larval de *Spodoptera frugiperda*, una plaga de importancia económica en la agricultura. Los resultados de este estudio pueden contribuir significativamente a la búsqueda de métodos de control más sostenibles y respetuosos con el medio ambiente en la agricultura.

El seguimiento del peso de las larvas permite evaluar cómo diferentes tratamientos afectan su crecimiento. Por ejemplo, si un tratamiento causa una reducción significativa en el peso de las larvas, puede indicar su efectividad para inhibir el desarrollo de la plaga. La variable peso de larvas a las 144 horas bajo la aplicación de diferentes tratamientos no registró diferencia significativa, esta homogeneidad en los resultados puede deberse a factores como la naturaleza misma de las larvas o a los compuestos presentes en los extractos los cuales son tóxicos para los insectos pudiendo afectar el desarrollo normal de las larvas lo que afectaría su peso final. El aceite esencial de clavo de olor y el control mostraron una reducción del peso larval a las 144 horas con 420mg y 429mg respectivamente.

El ácido piroleñoso afectó el peso de larvas a las 144 horas con 421mg, esto tiene concordancia con lo manifestado por (Henreaux, 2012) quien menciona que el ácido piroleñoso posee eficacia como fungicida, bactericida además es repelente contra insectos. Entre los compuestos del ácido piroleñoso están: el fenol, cresol, ácido fórmico, ácido acético, formaldehído, metanol entre otros, los cuales provocan repelencia en insectos como ácaros y pulgones por su característico olor a humo.

La evaluación de la sobrevivencia larval a las 48, 96 y 144 horas reveló que no hubo diferencias significativas entre las curvas de sobrevivencia de las larvas expuestas a los diferentes extractos. Este resultado sugiere que las diferencias en la sobrevivencia no fueron atribuibles a los extractos utilizados. La variable mortalidad de *Spodoptera frugiperda* no muestra diferencias significativas, lo que podría indicar que los diferentes extractos tienen un impacto similar.

Podemos establecer que la aplicación de ácido piroleñoso causa una tasa de mortalidad del 40,96%. Investigaciones indican que la aplicación de extractos botánicos disminuye la vida de los insectos debido a su capacidad para afectar procesos histológicos e histoquímicos de los mismos (Cruz *et al.*, 2015) . Este hallazgo resalta la importancia de considerar no solo la mortalidad directa causada por los tratamientos, sino también los posibles efectos subletales que podrían influir en la dinámica poblacional de la plaga a lo largo del tiempo.

Otro estudio realizado sobre la actividad larvicida del extracto etanólico de *Syzygium aromaticum* (Clavo de olor) para las larvas de quinto estadio del *Aedes aegypti* muestra resultados de muertes desde el primer bioensayo de 100ppm a las 12 horas de tratamiento con una mortalidad acumulada del 1%, a las 24 horas este porcentaje aumenta al 5,4% a las 24 horas, y al cabo de 48 horas hay un 39,6 % de mortandad lo que va mostrando su efecto larvicida de forma positiva (Manrique y Suárez,2015). Esta información corrobora los resultados de mortalidad obtenidos en la presente investigación donde podemos observar como el aceite esencial de clavo de olor genera un 40,36% de mortalidad.

Los resultados de este estudio resaltan la importancia de considerar no solo los efectos directos de los extractos vegetales sobre las larvas de *Spodoptera frugiperda*, sino otros factores que pueden influir en su desarrollo y supervivencia. La falta de diferencias significativas en la sobrevivencia, peso y mortalidad de larvas entre los diferentes extractos subraya la necesidad de investigaciones más profundas para comprender mejor los mecanismos de interacción entre los insectos plaga y los compuestos vegetales. Estos hallazgos abren la puerta a futuras investigaciones que puedan explorar estrategias integradas para el control de plagas.

CAPÍTULO V
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1. Conclusiones

- El aceite esencial de clavo de olor mostró resultados superiores en el peso de las larvas después de 144 horas de exposición en comparación con los otros extractos evaluados. Este hallazgo sugiere que el aceite esencial de clavo de olor podría ser un candidato prometedor para el control de *S. frugiperda*.
- Se concluye que los extractos vegetales evaluados no tuvieron un efecto diferenciado en la sobrevivencia de las larvas a lo largo de 144 horas de exposición. Este resultado sugiere que, bajo las condiciones del estudio, los diferentes extractos no afectaron de manera significativa la capacidad de supervivencia de las larvas de *S. frugiperda*.
- Los extractos vegetales que fueron aplicados no mostraron ningunas diferencias significativas en la mortalidad de las larvas lo que sugiere una equivalencia en su capacidad para influir en este parámetro específico.

5.2. Recomendaciones

- Variar las concentraciones de los extractos vegetales para determinar si existe una diferente reacción sobre el desarrollo larval, así se podría descubrir unas concentraciones efectivas o posibles cambios si tenemos concentraciones más altas.
- Realizar más investigaciones para comprender los mecanismos precisos mediante los cuales los extractos de plantas influyen en el desarrollo de las larvas de *Spodoptera frugiperda*. Esto puede incluir estudios bioquímicos y moleculares para identificar los compuestos activos responsables de la actividad insecticida y su modo de acción en el sistema biológico de los insectos.
- Investigar más fondo las formulaciones de aceites esenciales, técnicas de extracción o combinarlo con otros compuestos que puedan aumentar la actividad del aceite con la finalidad de mejorar los efectos insecticidas.

CAPÍTULO VI
BIBLIOGRAFIA

6.1. Bibliografía

- Almeida, F., Júnior, P., Queiroga, P., y Neto, A. (2014). Eficiencia de extractos vegetales como insecticida sobre *Sitophilus zeamais* en granos de maíz almacenados. *Revista Ciencias Técnicas Agropecuarias*, Vol. 23, 57-62.
- Amaguaña, L. I. (2012). Control de gusano cogollero (*Spodoptera frugiperda*) en el cultivo de maíz (*Zea mays* L.). Ambato.
- Ávila, C., Grande, P., y Gomez, S. (1997). Insetos-pragas: reconhecimento, comportamento, danos e controle. In: *Milho: informações técnicas*, 5, 168-180.
- Banda, J., Enkerlin, D., De Alba, G., y Garza, L. (1981). Importancia economica de *heliopsis zea* (boddie) y determinacion del umbral economico, distribucion matematica y muestreo secuencial de *Spodoptera frugiperda* (smith) en maiz criollo. *Fitofilo*. Vol 34, 101-118.
- Bravo, C., y González, C. S. (2010). Evaluación in vitro de insecticidas biorracionales para el control de agrotis ipsilon hüfnagel. *Revista de ciencias agricolas*. Vol 28, 53-63.
- Buenfil, J. A. (2016). Caminadora, cebada fina, gramínea corredora *Rottboellia cochinchinensis* (Loureiro) WD Clayton. Mexico.
- Calzada, J., Sanchez, E., Trujillo, J., y Lopez, J. (2016). Ficha técnica de Caminadora, cebada fina, gramínea corredora. *Dirección general de sanidad vegetal centro nacional de referencia fitosanitaria*. 1, 1-18.
- Celis, Á., Mendoza, C., Pachón, M., Cardona, J., Delgado, W., y Cuca, L. E. (2008). Extractos vegetales utilizados como biocontroladores con énfasis en la familia Piperaceae. Bogota.
- Correa, C. M. (2018). *Recomendaciones para el Manejo de Malezas*.
- Cortez, S. C. (2021). Evaluación de extractos vegetales en el control in vitro del gusano cogollero *Spodoptera frugiperda* J.E. SMITH (Lepidoptera: Noctuidae).
- Cruz, G., Teixeira, V., Oliveira, J., Alvaro, A., Araújo, A., Correia, A., y Breda, M. (2015). Histological and Histochemical Changes by Clove Essential Oil Upon the Gonads of *Spodoptera frugiperda* (JE Smith) (Lepidoptera: Noctuidae). *International Journal of Morphology*, 33(4), 1393-1400.
- Enilda, C., Manuel, C., Pascal, C., Orietta, F., Liliana, G., Kathrina, G. A., Daniel, S. (2004). Control biológico de plagas agrícolas. *Serie técnica. Manual técnico*, Vol 1, 2-208.

- Gil, Y. (2008). “Determinación de las Principales Malezas en Potreros y su Relación con las Prácticas de Manejo realizadas en las Ganaderías Bovinas de la Provincia de Los Ríos”.
- Greene, G. L., Leppla, N. C., & Dickerson, W. A. (1976). Velvetbean caterpillar: a rearing procedure and artificial medium. *Journal of Economic Entomology*, 69(4), 487–488.
- Gualteros, A. M., Triviño, E. A., y Salazar, H. T. (2018). Efecto bioplaguicida de extractos vegetales para el control de *Spodoptera frugiperda* en el cultivo de maíz (*Zea mays*). Colombia.
- Guzmán, C. Y. (2007). Manual de producción de maíz para pequeños agricultores y agricultoras. *Iniap*, 1, 23.
- Henreraux, J. (16 de noviembre de 2012). Efecto del biocarbon combinado con fertilizantes organicos y microorganismos benéficos sobre el desarrollo, productividad y resistencia de las plantas, Turrialba. Recuperado el 18 de Julio de 2020, de http://201.207.189.89/bitstream/handle/11554/4889/Efecto_del_biocarbon.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Holm, L. P. (1977). The world’s worst weeds. Distribution and Biology. Univ. Press of Hawaii. Honolulu.
- Hothorn, T., Bretz, F., y Westfall, P. (2008). Simultaneous inference in general parametric models. *Biometrical Journal*, 50(3), 346–363. <https://doi.org/10.1002/bimj.200810425>
- Isabel, B., y Elise, R. (2022). Estudio comparativo fitoquímico y actividad antioxidante de extractos de *Eleusine indica*. Guayaquil.
- Isman, M., y Rodríguez, E. (1983). Larval growth inhibitors from species of *Prthenium* (asteraceae). *Phytochemistry*, 22(12), 2709–2713.
- Jørgensen, P. M. (1999). Catálogo de la Plantas Vasculares Del Ecuador . MoBot.Org. Recuperado el 24 de mayo del 2024, de <https://www.mobot.org/mobot/research/ecuador/introductions.html>
- Lizarazo, K., Mendoza, C., y Rocío, C. (2008). Efecto de extractos vegetales de *Polygonum hydropiperoides*, *Solanum nigrum* y *Calliandra pittieri* sobre el gusano cogollero (*Spodoptera frugiperda*). *Agronomía Colombiana*, 26 (3), 427-433.
- Maldonado, M. , Reyes, J., y Hernández, I. (2015). Productos biológicos para el control de *Spodoptera frugiperda* (Lepidoptera: Noctuidae). *Revista Colombiana de Entomología*, 41 (2): 200-204

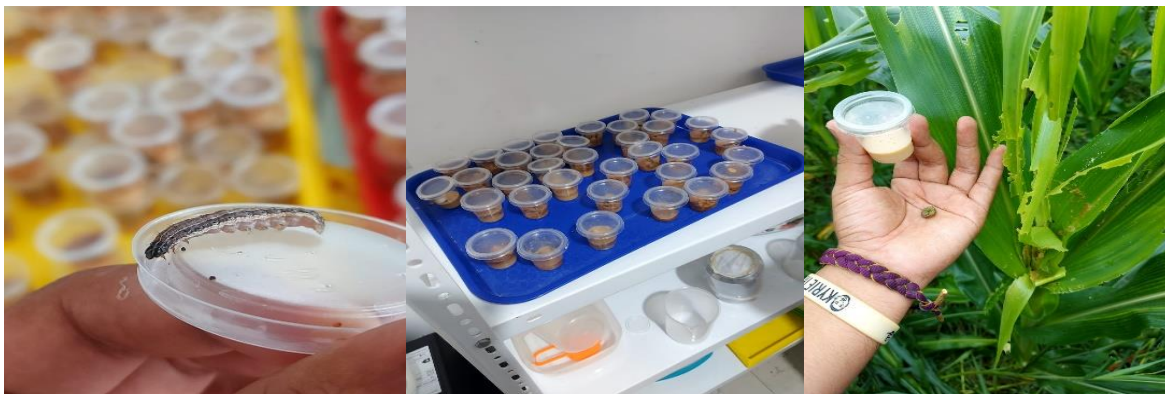
- Manríquez, L., y Suárez, E. (2015). Evaluación del efecto larvicida del extracto etanólico de *Syzygium aromaticum* (clavo de olor) sobre larvas de cuarto estadio de *Aedes aegypti* en condiciones de laboratorio. *Tecnología en saneamiento ambiental*. 1, 1-58.
- Mathew, S., y Zakaria, Z. A. (2015). Pyroligneous acid—the smoky acidic liquid from plant biomass. *Appl Microbiol Biotechnol*, 9, 611–622.
- Mejia, J., y Hernández., M. (2000). Identificación, biología e interferencia de las principales especies de malezas en el cultivo de maíz (*Zea mays*). VI Curso sobre producción de maíz. Portuguesa: Asoportuguesa-Fonaiap.
- Méndez, J. L. (2019). “Evaluación de tres herbicidas pre-emergentes aplicados al cultivo de maíz (*Zea mays*) sembrado en la finca experimental “La María” en época seca”.
- Mendoza, Z. A., Díaz, N. J., y Coronel, W. Q. (2019). Arvenses asociadas a cultivos y pastizales del Ecuador.
- Moral, R. A., Hinde, J., y Demétrio, C. G. B. (2017). Half-normal plots and overdispersed models in R: The hnp package. *Journal of Statistical Software*, 81(10).
- Neves, S. (2011). Eleusine. In: Kole, C. Wild Crop Relatives: Genomic and Breeding Resources. Berlin: Springer.
- Pionner, L. (2018). Manejo de gusano cogollero en cultivos de maíz. *Asociación de Semilleros Argentinos*. 1, 1-4.
- R Core Team. (2022). R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing. <https://www.r-project.org/>
- Restrepo, J. (2019). Manuales prácticos para la elaboración de bioinsumos, elaboración de extractos vegetales. *Estrategias de acompañamiento técnico*. Vol 1, 1-32.
- Rivadeneira, I. (2018). Ecología y Saneamiento Ambiental. Espirales. *Revista multidisciplinaria de investigación*, Vol. 2, 55-63.
- Sánchez, K. I., y Crespo, K. E. (2022). Estudio comparativo fitoquímico y actividad antioxidante de extractos de *Eleusine indica*. Guayaquil.
- Sierra, L., García, M., Torres, R., Delgado, G., y Espinosa, J. (2022). Procedimientos para establecer y mantener una cría del gusano cogollero *Spodoptera frugiperda* (J.E. Smith) en condiciones de laboratorio. *Avances en investigación Agropecuaria*, 26(1), 134–154.
- Taniwiriyono, D., Berg, H., Riksen, J., Rietjens, I., Djiwantia, S., Kammenga, J., y Murk, A. (2009). Nematicidal activity of plant extracts against the root-knot nematode, *Meloidogyne incognita*. *Journal of Natural Products*, 2, 77–85.

- Tejeda, M., Solis, F., Díaz-Nájera, J. F., y Arroyo, A. P. (2016). Evaluación De Insecticidas En El Control De Gusano Cogollero *Spodoptera frugiperda* J. E. Smith (Lepidoptera: Noctuidae) En Maíz En Cocula, Guerrero. *Entomología mexicana*. 3. 391-394.
- Valderrama, J. A., Agudelo, E. J., Cubillos, G. P., Prado, A. M., y Rivero, L. F. (2010). Aislamiento, identificación y caracterización de nucleopoliedrovirus nativos de *Spodoptera frugiperda* en colombia. *Revista Facultad Nacional de Agronomía*. Vol. 63, 5511-5520.
- Velásquez, E. B. (2014). La Biodiversidad en el Ecuador. Quito.
- Ynfante, R. M. (2017). Alelopatía de la maleza *Rottboellia cochinchinensis* (Lour.) W.D. Clayton sobre otras plantas y el crecimiento in vitro de hongos fitopatógenos. Honduras .

CAPÍTULO VII
ANEXOS

7.1. Anexos

Anexo A. Colección de poblaciones de *S. frugiperda*



Anexo B. Cría y mantenimiento de *S. frugiperda*



Anexo C. Extracto Vegetal de *Rottboellia cochinchinensis* y *Eleusine indica*



Anexo D. Extracción de Aceite vegetal de *Syzygium aromaticum*



Anexo E. Adeva peso de larvas a las 144h

		trat	N	peso	sd	se	ci
1	Caminadora	100	4	0.4127424	0.012517462	0.006258731	0.01991807
2	Caminadora	50	4	0.3884313	0.022809426	0.011404713	0.03629489
3	Paja de Burro	100	4	0.3934417	0.020085363	0.010042682	0.03196030
4	Paja de Burro	50	4	0.3811064	0.006654906	0.003327453	0.01058944
5	Piroleñoso	4	0.3952271	0.025055514	0.012527757	0.03986891	
6	Aceite	4	0.4205913	0.034058148	0.017029074	0.05419411	
7	Control	4	0.4292848	0.028142466	0.014071233	0.04478094	

CV (%) = 5.71

MStrat/MST = 0.71

Mean = 0.403

Median = 0.3981

Possible outliers = No discrepant point

Analysis of Variance

	Df	Sum Sq	Mean.Sq	F value	Pr(F)
Treatment	6	0.007754438	0.0012924064	2.442188	0.0598397
Residuals	21	0.011113203	0.0005292001		

Anexo F. Adeva sobrevivencia de larvas

Prueba de hipótesis para igualdad de dos o más grupos de supervivencia

Call:

```
survdifff(formula = Surv(time, status) ~ trat, data = df, rho = 0)
```

n=1995, 3 observations deleted due to missingness.

		N	Observed	Expected	(O-E) ² /E	(O-E) ² /V
trat=Caminadora	100	280	3	1.37	1.927	2.241
trat=Caminadora	50	282	3	1.42	1.770	2.068
trat=Paja de Burro	100	288	0	1.45	1.450	1.701
trat=Paja de Burro	50	286	1	1.44	0.134	0.157
trat=Piroleñoso		288	0	1.45	1.450	1.701
trat=Aceite		286	1	1.44	0.134	0.157
trat=Control		285	2	1.43	0.224	0.262

Chisq= 7.1 on 6 degrees of freedom, p= 0.3

Anexo G. Mortalidad de *S. frugiperda*

Estadística Descriptiva

	trat	N	ajustada	sd	se	ci	tukey	
1	Caminadora	100	4	39.75904	35.30484	17.652418	56.177874	a
2	Caminadora	50	4	39.75904	11.47217	5.736087	18.254789	a
3	Paja de Burro	100	4	40.36145	34.71748	17.358738	55.243252	a
4	Paja de Burro	50	4	28.91566	13.27125	6.635627	21.117527	a
5	Piroleñoso		4	40.96386	20.58796	10.293980	32.760040	a
6	Aceite		4	40.36145	32.88517	16.442583	52.327638	a
7	Control		4	13.54167	6.25000	3.125000	9.945145	a

Analysis of Deviance Table

Model: quasibinomial, link: logit

Response: Y

Terms added sequentially (first to last)

	Df	Deviance	Resid.	Df	Resid. Dev	F	Pr(>F)
NULL				27	193.94		
trat	6	33.892		21	160.05	0.8506	0.546