



UNIVERSIDAD TÉCNICA ESTATAL DE QUEVEDO
FACULTAD DE CIENCIAS PECUARIAS Y BIOLÓGICAS
CARRERA AGROPECUARIA

Trabajo de Integración
Curricular previa la obtención
del Grado Académico de
Ingeniero Agropecuario.

Proyecto de Investigación:

“EFECTO DE FORMULACIONES COMERCIALES DE CLORPIRIFOS SOBRE
Spodoptera frugiperda (LEPIDOPTERA: NOCTUIDAE)”

Autor:

Manuel Eduardo Vera Alay

Director de Proyecto de Investigación:

Ing. Agr. Milton Fernando Cabezas Guerrero, Ph.D.

Mocache – Los Ríos – Ecuador

2023



DECLARACIÓN DE AUDITORÍA Y CESIÓN DE DERECHOS

Yo, **Manuel Eduardo Vera Alay**, declaro que, la investigación aquí descrita 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.

_____ *Manuelvera* _____

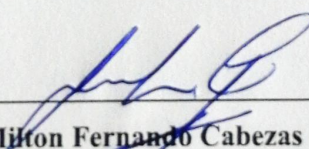
Manuel Eduardo Vera Alay

C.C. 1250489331



CERTIFICACIÓN DE CULMINACIÓN DEL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN

El suscrito, **Ing. Agr. Milton Fernando Cabezas Guerrero, Ph.D.**, docente de la Universidad Técnica Estatal de Quevedo, certifica que el estudiante **Manuel Eduardo Vera Alay**, realizó el Proyecto de Investigación de grado titulado “**Efecto de formulaciones comerciales de clorpirifos sobre *Spodoptera frugiperda* (Lepidoptera: Noctuidae)**”, previo a la obtención del título de **Ingeniero Agropecuario** bajo mi dirección, habiendo cumplido con las disposiciones reglamentarias establecidas para el efecto.



Ing. Agr. Milton Fernando Cabezas Guerrero, Ph.D.
DIRECTOR DEL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN

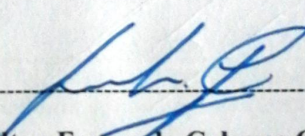
CERTIFICADO DEL REPORTE DE LA HERRAMIENTA DE PREVENCIÓN DE COINCIDENCIA Y/O PLAGIO ACADÉMICO

Dando cumplimiento al Reglamento de la Unidad de Titulación Especial de la Universidad Técnica Estatal de Quevedo y a las normativas y directrices establecidas por el SENESCYT, el suscrito **Ing. Agr. Milton Fernando Cabezas Guerrero, Ph.D.**, en calidad de Director del Proyecto de Investigación de Grado, “Efecto de formulaciones comerciales de clorpirifos sobre *Spodoptera frugiperda* (Lepidoptera: Noctuidae)”, de autoría del estudiante **Manuel Eduardo Vera Alay**, certifica que el porcentaje de similitud reportado por el Sistema URKUND es de 5 %, el mismo que es permitido por el mencionado software y los requerimientos académicos establecidos.



Document Information

Analyzed document	TESIS_MANUEL_VERA_URKUND.docx (D167971427)
Submitted	2023-05-23 05:01:00
Submitted by	Fernando Cabezas
Submitter email	mcabezas@uteq.edu.ec
Similarity	5%
Analysis address	mcabezas.uteq@analysis.urkund.com



Ing. Agr. Milton Fernando Cabezas Guerrero, Ph.D

DIRECTOR DEL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN



UNIVERSIDAD TÉCNICA ESTATAL DE QUEVEDO
FACULTAD DE CIENCIAS PECUARIAS Y BIOLÓGICAS
CARRERA AGROPECUARIA

PROYECTO DE INVESTIGACIÓN

Título:

“Efecto de formulaciones comerciales de clorpirifos sobre *Spodoptera frugiperda*
(Lepidoptera: Noctuidae)”

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

Aprobado por:

PRESIDENTA DEL TRIBUNAL

Ing. Raquel Guerrero Chuez M.Sc.

MIEMBRO DEL TRIBUNAL

Dr. Gregorio Vásquez Montúfar

MIEMBRO DEL TRIBUNAL

Ing. Marlon Monge Freile M.Sc.

Mocache – Los Ríos – Ecuador

2023

AGRADECIMIENTO

Antes que, a nadie, quiero agradecer a mis padres, Fanny y Manuel, por siempre apoyarme en este camino de preparación, han sido los pilares más importantes en mi vida para conseguir varios logros.

A cada uno de mis hermanos por siempre mostrarme su cariño y apoyo en todas las decisiones que he tomado ya que confían en las metas que tengo pendientes.

A mi pareja, Nerelyn que siempre me ha ayudado a progresar como persona y a no abandonar todas las metas que quiero alcanzar.

A mis tíos, Margara y Raúl que también me han extendido la mano cuando he necesitado de ellos y que de manera incondicional lo han hecho.

A mis primos/as, Raúl, Cinthia y Yanine que siempre están presente cuando necesito de ellos.

A mi amigo Danny con el que he compartido desde que éramos niños y que siempre está presente en momentos importantes para extender su mano.

A mi amiga Yury con la que se forjó una grata amistad y cariño, dispuesta a ayudar en la medida de lo posible.

A mis compañeros Bryan, Adrián, Guillermo y Winter que son amistades que de manera incondicional siempre muestran su apoyo cuando lo necesito.

Al Dr. Milton Cabezas por ser un gran docente y persona que supo guiarme y ser un excelente tutor de tesis, sin él, todo esto no sería posible, siempre estaré agradecido por la oportunidad.

Al Dr. Gregorio Vásconez por ser un excelente docente que siempre estuvo dispuesto a dar sus mejores consejos y recomendaciones a sus alumnos.

A la Ing. Raquel Guerrero por ser paciente con sus alumnos y ser una excelente docente.

Al Ing. Monge Freile por ser un excelente docente que siempre tiene tiempo y paciencia para conversar con sus alumnos.

A todas las personas que de alguna manera me ayudaron en este proceso de preparación, que supieron brindarme su apoyo y colaborar.

Manuel Vera Alay

DEDICATORIA

Dedico este trabajo a mis padres que fueron los partícipes de haber podido lograr este objetivo y que a pesar de que siempre hubo inconvenientes, solo se preocupaban en que yo siga adelante con mi carrera, además de enseñarme que la honestidad y humildad son grandes fortalezas en una persona.

Manuel Vera Alay

RESUMEN

En Ecuador, el maíz (*Zea mays* L.) es uno de los principales cultivos agrícolas ya que representa una fuente de ingresos bastante importante para los agricultores, sobre todo en la región costa, sin embargo, esta producción puede ser amenazada por varios factores, dentro de los que destacan las plagas por ser uno de los principales factores que provocan la reducción en la productividad del cultivo de maíz y el gusano cogollero (*Spodoptera frugiperda*) es responsable de daños económicos, desde la siembra hasta la cosecha. A pesar de las nuevas tecnologías agrícolas, avances en los programas de MIP, el corto tiempo de desarrollo, la alta fecundidad y el uso frecuente de insecticidas, se han dado numerosos casos de resistencia a los principales grupos de insecticidas, que son herramientas esenciales para prevenir o minimizar el daño de los insectos. Actualmente existen más de 30 modos de acción diferentes. Sobre esta base, se evaluó el efecto de dos formulaciones comerciales de clorpirifos, Lorsban y ProfiPyrinex, en larvas del gusano cogollero (*S. frugiperda*) colectadas en tres localidades del Ecuador, la investigación se llevó a cabo en el laboratorio del Campus “La María” de la Universidad Técnica Estatal de Quevedo. Se realizaron dos experimentos, uno por cada producto (formulación), usando un DCA en arreglo factorial (población y dosis). Los datos de mortalidad de cada experimento se analizaron usando un Modelo Lineal Generalizado con distribución Quasibinomial. Cuando el análisis de Devianza indicó diferencias significativas ($p < 0,05$), las medias fueron comparadas utilizando modelos de contrastes con la función `glht` del paquete `multcomp`. Todos los análisis fueron realizados usando el software R. Los datos de mortalidad del control fueron usados para corregir la mortalidad de las dosis. Los resultados demostraron que Lorsban y ProfiPyrinex son iguales significativamente, ya que la mortalidad no difirió entre ellos (50,15 y 53,78 % respectivamente) a nivel poblacional, ni mostraron grandes diferencias significativas, pero ProfiPyrinex tuvo mejor rendimiento en Fusakatan, a su vez en La Templanza no hubo diferencias, mientras que en Buena Fe tuvo un rendimiento bajo.

Palabras claves: Insecticida, resistencia, modo de acción de los insecticidas, lugar de acción.

ABSTRACT

In Ecuador, maize (*Zea mays* L.) is one of the main agricultural crops and represents a significant source of income for farmers, especially in the coastal region. However, maize production can be threatened by various factors, with pests being one of the main causes of reduced crop productivity. The fall armyworm (*Spodoptera frugiperda*) is responsible for economic damage from planting to harvest. Despite advancements in agricultural Technologies and integrated pest management programs, cases of resistance to major insecticide groups, which are essential tools for preventing or minimizing insect damage, have been reported. Currently, there are more than 30 different modes of action available. Based on this background, the effect of two commercial formulations of chlorpyrifos, Lorsban and ProfiPyrinex, was evaluated on fall armyworm larvae collected from three locations in Ecuador. The research was conducted at the laboratory of the Campus “La María” of the Universidad Técnica Estatal de Quevedo. Two experiments were carried out, one for each product formulation, using a DCA design with a factorial arrangement (population and dosage). Mortality data from each experiment were analyzed using a Generalized Linear Model with Quasibinomial distribution. When the Deviance analysis indicated significant differences ($p < 0,05$), means were compared using contrast models with the `glht` function from the `multcomp` package. All analyses were performed using R software. Control mortality data were used to correct the mortality of the dosages. The results demonstrated that Lorsban and ProfiPyrinex didn't significantly differ in terms of mortality (50,15 y 53,78 %) at the population level, there were no major significant differences between the two formulations, although ProfiPyrinex performed better in Fusakatan, In La Templanza, there were no differences observed, while in Buena Fe, ProfiPyrinex showed lower performance.

Keywords: Insecticide, resistance, insecticide mode of action, site of action.

TABLA DE CONTENIDO

DECLARACIÓN DE AUDITORÍA Y CESIÓN DE DERECHOS	ii
CERTIFICACIÓN DE CULMINACIÓN DEL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN..	iii
CERTIFICADO DEL REPORTE DE LA HERRAMIENTA DE PREVENCIÓN DE COINCIDENCIA Y/O PLAGIO ACADÉMICO	iv
AGRADECIMIENTO	vi
DEDICATORIA.....	vii
RESUMEN	viii
ABSTRACT	ix
ÍNDICE DE TABLAS.....	xiv
ÍNDICE DE FIGURAS	xv
ÍNDICE DE ANEXOS	xvi
CÓDIGO DUBLÍN	xvii
Introducción.....	1
CAPÍTULO I.....	3
CONTEXTUALIZACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN	3
1.1. Problema de la 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.....	5
1.2.1 Objetivo general	5
1.2.2 Objetivos específicos	5
1.3 Justificación	5
CAPÍTULO II.....	7
FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA DE LA INVESTIGACIÓN	7
2.1 Marco conceptual.....	8
2.1.1. Insecticida.....	8
2.1.2. Resistencia	8
2.1.3. Modo de acción de los insecticidas	8

2.1.4.	<i>Lugar de acción</i>	8
2.2	Marco referencial	8
2.2.1.	<i>Cultivo de maíz (Z. mays)</i>	8
2.2.1.1.	<i>Generalidades del maíz.</i>	8
2.2.1.2.	<i>Clasificación taxonómica.</i>	9
2.2.1.3.	<i>Requerimientos del cultivo.</i>	9
2.2.1.3.1.	<i>Clima.</i>	9
2.2.1.3.2.	<i>Riego.</i>	10
2.2.1.3.3.	<i>Pluviometría.</i>	10
2.2.1.3.4.	<i>Exigencias de suelo.</i>	10
2.2.2.	<i>Mecanismos de resistencia de las plantas a insectos</i>	10
2.2.3.	<i>Monitoreo</i>	11
2.2.4.	<i>Métodos de monitoreo</i>	12
2.2.5.	<i>Aspectos generales de Spodoptera frugiperda</i>	12
2.2.5.1.	<i>Clasificación taxonómica.</i>	13
2.2.5.2.	<i>Ciclo biológico de S. frugiperda.</i>	13
2.2.5.3.	<i>Daños que ocasiona a la planta.</i>	14
2.2.5.4.	<i>Mecanismos de resistencia a insecticidas.</i>	15
2.2.5.5.	<i>Desarrollo de resistencia.</i>	16
2.2.5.6.	<i>Tipos de resistencia.</i>	17
2.2.6.	<i>Susceptibilidad de S. frugiperda.</i>	17
2.2.7.	<i>Control químico de S. frugiperda</i>	18
2.2.8.	<i>Descripción de insecticidas para el control de S. frugiperda</i>	19
2.2.8.1.	<i>Organofosforados.</i>	19
2.2.8.1.1.	<i>Clorpirifos (ingrediente activo).</i>	20
CAPÍTULO III		22
METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN		22
3.1.	Localización	23

3.2.	Tipo de investigación.....	23
3.3.	Métodos de investigación	23
3.3.1.	<i>Método de observación.....</i>	23
3.3.2.	<i>Método analítico.....</i>	23
3.4.	Fuentes de recopilación de información	23
3.5.	Diseño de la investigación	24
3.6.	Instrumentos de investigación	25
3.6.1.	<i>Colección de poblaciones de S. frugiperda.....</i>	25
3.6.2.	<i>Cría y mantenimiento de S. frugiperda en laboratorio</i>	25
3.6.3.	<i>Bioensayos con insecticidas</i>	25
3.6.4.	<i>Variables evaluadas</i>	26
3.6.4.1.	<i>Mortalidad de S. frugiperda.....</i>	26
3.6.4.2.	<i>Efecto de las formulaciones Lorsban y ProfiPyrinex sobre la mortalidad de S. frugiperda.</i>	27
3.7.	Tratamiento de los datos	27
3.8.	Recursos humanos y materiales	27
3.8.1.	<i>Recursos humanos</i>	27
3.8.2.	<i>Materiales e insumos</i>	27
3.8.2.1.	<i>Materiales de campo.....</i>	27
3.8.2.2.	<i>Materiales de oficina.....</i>	28
3.8.2.3.	<i>Equipo de laboratorio.....</i>	28
3.8.2.4.	<i>Ingredientes de la dieta artificial.....</i>	28
CAPÍTULO IV		29
RESULTADOS Y DISCUSIÓN		29
4.1.	Resultados.....	30
4.1.1.	<i>Porcentaje de mortalidad (%) de diferentes poblaciones (Buena Fe, Fusakatan, La Templanza) de Spodoptera frugiperda utilizando diferentes dosis (baja, media, alta) de los insecticidas Lorsban y ProfiPyrinex</i>	30

4.1.1.1.	<i>Porcentaje (%) de mortalidad del insecticida Lorsban en larvas de S. frugiperda</i>	30
4.1.1.2.	<i>Porcentaje (%) de mortalidad del insecticida ProfiPyrinex en larvas de S. frugiperda</i>	34
4.1.2.	<i>Efecto de las formulaciones Lorsban y ProfiPyrinex sobre la mortalidad de S. frugiperda</i>	37
4.2.	Discusión	42
CAPÍTULO V		45
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES		45
5.1.	Conclusiones.....	46
5.2.	Recomendaciones	46
CAPÍTULO VI.....		47
BIBLIOGRAFÍA.....		47
6.1.	Referencias bibliográficas.....	48
CAPÍTULO VII.....		53
ANEXOS		53
7.1.	Anexo 1. Imágenes de la investigación.....	54
7.2.	Anexo 2. Tablas de los Análisis de Varianza	57
7.2.1.	<i>Tablas de porcentaje de mortalidad de Lorsban en larvas de gusano cogollero</i>	57
7.2.2.	<i>Tablas de porcentaje de mortalidad de ProfiPyrinex en larvas de gusano cogollero</i>	58
7.2.3.	<i>Tablas de comparación entre proporciones de Lorsban y ProfiPyrinex</i> .	59

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 Características generales de clorpirifos	21
Tabla 2 Esquema del Análisis de Varianza	24
Tabla 3 Descripción de tratamientos y dosis de los insecticidas en poblaciones de <i>S. frugiperda</i>	24
Tabla 4 Localidades donde fueron colectadas larvas de <i>S. frugiperda</i>	25

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 Mortalidad de larvas de tercer instar de diferentes poblaciones de <i>S. frugiperda</i> por el insecticida Lorsban.....	30
Figura 2 Mortalidad de larvas de tercer instar de <i>S. frugiperda</i> a diferentes dosis del insecticida Lorsban.....	31
Figura 3 Mortalidad de larvas de tercer instar de diferentes poblaciones de <i>S. frugiperda</i> a diferentes dosis del insecticida Lorsban	32
Figura 4 Mortalidad entre poblaciones con diferentes dosis del insecticida Lorsban en larvas de tercer instar de <i>S. frugiperda</i>	33
Figura 5 Mortalidad de larvas de tercer instar de diferentes poblaciones de <i>S. frugiperda</i> por el insecticida ProfiPyrinex	34
Figura 6 Mortalidad de larvas de tercer instar de <i>S. frugiperda</i> a diferentes dosis del insecticida ProfiPyrinex.....	35
Figura 7 Mortalidad de larvas de tercer instar de diferentes poblaciones de <i>S. frugiperda</i> a diferentes dosis del insecticida ProfiPyrinex	36
Figura 8 Mortalidad a diferentes dosis del insecticida ProfiPyrinex en larvas de tercer instar de diferentes poblaciones de <i>S. frugiperda</i>	37
Figura 9 Mortalidad de larvas de tercer instar de <i>S. frugiperda</i> con los insecticidas Lorsban y ProfiPyrinex.....	38
Figura 10 Mortalidad de larvas de tercer instar de diferentes poblaciones de <i>S. frugiperda</i> con los insecticidas Lorsban y ProfiPyrinex	39
Figura 11 Mortalidad de larvas de tercer instar de <i>S. frugiperda</i> a diferentes dosis (baja, media y alta) de los insecticidas Lorsban y ProfiPyrinex.....	40
Figura 12 Mortalidad de diferentes poblaciones de larvas de <i>S. frugiperda</i> a diferentes dosis (baja, media y alta) de los insecticidas Lorsban y ProfiPyrinex	41

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1. Imágenes de la investigación	54
Anexo 2. Tablas de los Análisis de Varianza	57

CÓDIGO DUBLÍN

Título:	Efecto de formulaciones comerciales de clorpirifos sobre <i>Spodoptera frugiperda</i> (Lepidoptera: Noctuidae)			
Autor:	Manuel Eduardo Vera Alay			
Palabras clave:	Insecticida	Resistencia	Modo de acción de los insecticidas	Lugar de acción
Fecha de publicación:				
Editorial:				
Resumen:	<p>En Ecuador, el maíz (<i>Zea mays</i> L.) es uno de los principales cultivos agrícolas ya que representa una fuente de ingresos bastante importante para los agricultores, sobre todo en la región costa, sin embargo, esta producción puede ser amenazada por varios factores, dentro de los que destacan las plagas por ser uno de los principales factores que provocan la reducción en la productividad del cultivo de maíz y el gusano cogollero (<i>Spodoptera frugiperda</i>) es responsable de daños económicos, desde la siembra hasta la cosecha. A pesar de las nuevas tecnologías agrícolas, avances en los programas de MIP, el corto tiempo de desarrollo, la alta fecundidad y el uso frecuente de insecticidas, se han dado numerosos casos de resistencia a los principales grupos de insecticidas, que son herramientas esenciales para prevenir o minimizar el daño de los insectos. Sobre esta base, se evaluó el efecto de dos formulaciones comerciales de clorpirifos, Lorsban y ProfiPyrinex, en larvas del gusano cogollero (<i>S. frugiperda</i>) colectadas en tres localidades del Ecuador. Los resultados demostraron que Lorsban y ProfiPyrinex son iguales significativamente, ya la mortalidad no difirió entre ellos a nivel poblacional tampoco mostraron grandes diferencias significativas, pero ProfiPyrinex tuvo mejor rendimiento en Fusakatan, en La Templanza no hubo diferencias, mientras que en Buena Fe tuvo un rendimiento bajo.</p>			
Abstract:	<p>In Ecuador, maize (<i>Zea mays</i> L.) is one of the main agricultural crops and represents a significant source of income for farmers, especially in the coastal region. However, maize production can be threatened by various factors, with pests being one of the main causes of reduced crop productivity. The fall armyworm (<i>Spodoptera frugiperda</i>) is responsible for economic damage from planting to harvest. Despite advancements in agricultural Technologies and integrated pest management programs, cases of resistance to major insecticide groups, which are essential tools for preventing or minimizing insect damage, have been reported. Currently, there are more than 30 different modes of action available. Based on this background, the effect of two commercial formulations of chlorpyrifos, Lorsban and ProfiPyrinex, was evaluated on fall armyworm larvae collected from three locations in Ecuador. The results demonstrated that Lorsban and ProfiPyrinex didn't significantly differ in terms of mortality. At the population level, there were no major significant differences between the two formulations, although ProfiPyrinex performed better in Fusakatan. In La Templanza, there were no differences observed, while in Buena Fe, ProfiPyrinex showed lower performance.</p>			
Descripción:	77 hojas: dimensiones, 29 x 21 cm + CD-ROM 700 MB			
URI:				

Introducción

En el Ecuador, el maíz (*Zea mays* L.) es uno de los principales cultivos agrícolas y representa una alternativa de ingreso económico para varios agricultores, sobre todo en la Región Costa. La Provincia de Los Ríos es considerada la zona con mayor producción de maíz a nivel nacional, sin embargo, esta producción puede ser amenazada por varios factores, entre los que se destacan: factores climáticos y condiciones de suelo (estrés hídrico, salinidad de suelos), factores de manejo (densidad de siembra) y factores bióticos (enfermedades, malezas, insectos-plaga). Dentro de estos, destacan las plagas por ser uno de los principales factores que provocan la reducción en la productividad del cultivo de maíz, debido a la gran variedad de plagas que lo afectan, desde la siembra hasta la cosecha, e incluso durante el almacenamiento.

Los principales insectos-plaga del maíz en Ecuador incluyen varias especies, como: el gusano cogollero, *Spodoptera frugiperda* (Lepidoptera: Noctuidae); barrenador del tallo, *Diatraea* spp. (Lepidoptera: Crambidae); gusano elotero, *Helicoverpa zea* (Lepidoptera: Noctuidae); falso medidor, *Mocis latipes* (Lepidoptera: Noctuidae); gusano trozador, *Agrotis* spp. (Lepidoptera: Noctuidae); cigarritas, *Dalbulus maidis* (Hemiptera: Cicadellidae); pulgones, *Rhopalosiphum maidis* (Hemiptera: Aphididae); entre otros (1).

El gusano cogollero, *Spodoptera frugiperda* (J. E. Smith) (Lepidoptera: Noctuidae), es una plaga polífaga (se alimenta de varios huéspedes) considerado un insecto importante no solo del maíz, sino también de otros cultivos, tales como: el algodón (*Gossypium hirsutum*), arroz (*Oriza sativa* L.), pastos forrajeros y además una amplia gama de cultivos alimentarios en todo el hemisferio occidental, su control está basado en el uso de insecticidas que pueden ser peligrosos, llegando a afectar la salud humana y provocar efectos negativos en el ambiente si no se los utiliza de manera correcta (2).

Este insecto-plaga es responsable de daños económicos, tanto en el aspecto vegetativo como en el reproductivo, desde la siembra hasta la cosecha. A pesar de las nuevas tecnologías agrícolas, avances en los programas del Manejo Integrado de Plagas (MIP), el corto tiempo de desarrollo, la alta fecundidad y el uso frecuente de insecticidas, se han dado numerosos casos de resistencia a los principales grupos de insecticidas como los piretroides, organofosforados y los carbamatos (3).

Los insecticidas son herramientas esenciales para prevenir o minimizar el daño de los insectos e incrementar la calidad de vida de las personas, animales domésticos y el ganado.

Actualmente existen más de 30 modos de acción diferentes, mediante los cuales varios insecticidas comerciales controlan a los insectos al interrumpir sus procesos biológicos vitales, pero no todos sirven para controlar una plaga de insectos en particular. Cabe mencionar que un nuevo modo de acción se da solo cada 5 o 10 años (4).

Sobre esta base, se evaluó el efecto de dos formulaciones comerciales de clorpirifos, Lorsban y ProfiPyrinex, en larvas del gusano cogollero (*S. frugiperda*) colectadas en tres localidades del Ecuador, para lo cual, la investigación se llevó a cabo en el laboratorio del Campus “La María” de la Universidad Técnica Estatal de Quevedo ubicada en el km 7 ½ de la vía Quevedo – El Empalme, Cantón Mocache, Provincia de Los Ríos.

CAPÍTULO I
CONTEXTUALIZACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN

1.1. Problema de la investigación

1.1.1 Planteamiento del problema

El insecto-plaga conocido como gusano cogollero del maíz, *Spodoptera frugiperda* (J. E. Smith) (Lepidoptera: Noctuidae) representa un constante desafío en cultivos de gramíneas como el maíz, ya que, si no es controlado de manera oportuna, puede causar pérdidas económicas significativas durante todo el ciclo del cultivo. En Ecuador, los agricultores dependen principalmente de insecticidas químicos sintéticos para controlar esta plaga, siendo el clorpirifos uno de los ingredientes activos más utilizados debido a su bajo costo. Aunque se han observado fallas en su eficacia, no existen estudios sobre la posible resistencia de las poblaciones de *S. frugiperda* a los insecticidas derivados de clorpirifos en el país. Dado que diferentes formulaciones comerciales del ingrediente activo están disponibles para uso en diferentes cultivos e insectos-plaga, es importante investigar el efecto de estas formulaciones en la mortalidad de las poblaciones de *S. frugiperda*. Además, se ha comprobado que los ingredientes inertes y aditivos presentes en las formulaciones pueden mejorar el rendimiento del ingrediente activo (3). Por esta razón, es importante analizar el impacto de las formulaciones comerciales de Clorpirifos en este insecto.

Diagnóstico

La continua preocupación por el gusano cogollero *S. frugiperda* se debe a las recurrentes fallas en su control mediante insecticidas, lo que conduce a la aplicación repetida de productos con el mismo modo de acción y aumento de dosis no recomendadas, además, a la falta de investigaciones enfocadas en determinar la susceptibilidad de esta plaga en el contexto ecuatoriano. Esta situación plantea la necesidad de explorar en profundidad las causas de la ineffectividad de los tratamientos disponibles, a fin de establecer estrategias más eficaces y sostenibles para el manejo de *S. frugiperda* en el país.

Pronóstico

La investigación centrada en el efecto de clorpirifos en *S. frugiperda* tiene el potencial de tener un impacto significativo en los agricultores que sufren pérdidas por daños en los cultivos debido a esta plaga. Este estudio puede proporcionar información valiosa sobre la eficacia actual de los insecticidas utilizados y ayudar a determinar la tolerancia de *S. frugiperda* a los químicos. En última instancia, se espera que los resultados de esta investigación conduzcan a cambios en las prácticas de control de plagas y a mejores estrategias de manejo de cultivos.

1.1.2 Formulación del problema

¿Cómo beneficiará al sector maicero del Ecuador la evaluación de formulaciones comerciales de clorpirifos sobre *S. frugiperda*?

1.1.3 Sistematización del problema

¿Qué formulación comercial de clorpirifos tendrá mayor incidencia o control sobre *S. frugiperda*?

¿Qué formulación comercial de clorpirifos tendrá menor incidencia o control sobre *S. frugiperda*?

¿Cuál es el grado de incidencia actual del ingrediente activo clorpirifos sobre *S. frugiperda*?

1.2 Objetivos

1.2.1 Objetivo general

- Evaluar el efecto de dos formulaciones comerciales de clorpirifos, Lorsban y ProfiPyrinex, sobre el gusano cogollero (*S. frugiperda*).

1.2.2 Objetivos específicos

- Analizar la eficiencia actual de las formulaciones comerciales de clorpirifos, Lorsban y ProfiPyrinex, sobre *S. frugiperda*.
- Identificar la formulación con mayor porcentaje de mortalidad sobre *S. frugiperda*.

1.3 Justificación

La aplicación de insecticidas es una práctica esencial para controlar las poblaciones de plagas en los cultivos, y en el caso del gusano cogollero (*S. frugiperda*), su correcto manejo resulta crucial para prevenir daños y pérdidas económicas en los cultivos de maíz. Sin embargo, el uso indiscriminado y repetido de insecticidas con el mismo modo de acción puede generar problemas de resistencia en los insectos-plaga, lo que compromete la eficacia de estos productos. Por esta razón, es fundamental conocer cómo las diferentes formulaciones comerciales del mismo ingrediente activo, como el clorpirifos, afectan a la susceptibilidad de *S. frugiperda*. De esta manera, se podrá preservar la eficiencia de los insecticidas y prevenir la aparición de resistencia en los insectos-plaga. En este contexto, la presente investigación busca evaluar el efecto de las formulaciones comerciales de clorpirifos,

Lorsban y Profipyrinex, en poblaciones de *S. frugiperda*. Se espera que los resultados de este estudio aporten información valiosa para comprender la importancia de la selección adecuada de formulaciones de insecticidas en el manejo de *S. frugiperda* y en la conservación de los recursos económicos de los agricultores.

CAPÍTULO II
FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA DE LA INVESTIGACIÓN

2.1 Marco conceptual

2.1.1. Insecticida

Son productos químicos utilizados para controlar insectos portadores de enfermedades. Se clasifican por su composición química, acción toxicológica o su método de penetración. Hay dos tipos principales de insecticidas; orgánicos (contienen carbono) e inorgánicos (no contienen carbono). Los insecticidas derivan de una amplia gama de fórmulas y se utilizan para acabar con una gran variedad de plagas (5).

2.1.2. Resistencia

La resistencia es una respuesta biológica natural que se ve facilitada por el uso excesivo de los mismos métodos de manejo de plagas. Se da cuando una población de la plaga ha adquirido genéticamente la capacidad de tolerar una dosis del insecticida que resultaría letal para la mayor parte de la población original del insecto (6).

2.1.3. Modo de acción de los insecticidas

Están hechos para seleccionar ciertos organismos y todos intervienen en el bloqueo de algunos procesos metabólicos. Pueden afectar sistemas nerviosos y musculares, diferentes mecanismos de crecimiento de plagas y al sistema respiratorio y digestivo (7).

2.1.4. Lugar de acción

Está determinado por el tipo de insecticida que se vaya a utilizar, ya que la mayoría de los insecticidas actúan sobre el sistema nervioso o el sistema muscular. Generalmente suelen ser de acción rápida (8).

2.2 Marco referencial

2.2.1. Cultivo de maíz (*Z. mays*)

2.2.1.1. Generalidades del maíz.

El maíz (*Zea mays* L.) pertenece a la familia de las gramíneas, tribu mideas, y se cree que se originó en los trópicos de América Latina, especialmente los géneros *Zea*, *Tripsacum* y *Euchlaena*, cuya importancia reside en su relación fitogenética con el género *Zea* (9).

Descripción de la planta. El sistema radicular del maíz se desarrolla a partir de la radícula de la semilla, que haya sido sembrada a una profundidad adecuada, para lograr su buen desarrollo. El crecimiento de las raíces disminuye después que la plúmula emerge, y virtualmente, detiene completamente su crecimiento en la etapa de V3 de la plántula.

Las primeras raíces adventicias inician su desarrollo a partir del primer nudo en el extremo del mesocotilo; esto ocurre, por lo general, a una profundidad uniforme, sin relación con la profundidad con la que fue colocada la semilla. Un grupo de raíces adventicias se desarrolla a partir de cada nudo sucesivo hasta llegar a los 7 o 10 nudos, todos debajo de la superficie del suelo. Estas raíces adventicias se desarrollan en una red espesa de raíces fibrosas. El sistema de raíces adventicias es el principal sistema de fijación de la planta, y además absorbe agua y nutrimentos. El tallo de la planta es robusto, formado por nudos y entrenudos relativamente distantes; presenta de 15 a 30 hojas alargadas y abrazadoras de 4 a 10 cm de ancho por 35 a 50 cm de longitud; tienen borde áspero, finamente ciliado y algo ondulado. Desde el punto donde nace el pedúnculo que sostiene la mazorca, la sección del tallo es circular hasta la panícula o inflorescencia masculina que corona la planta (9).

Hábitos de floración. El maíz es normalmente monoico, con inflorescencia terminal estaminada (panoja) o flor masculina; y flores femeninas pistiladas, ubicadas en yemas laterales (mazorcas); así, el maíz produce su rendimiento económico (grano) en ramificaciones laterales. Como resultado de esta separación de mazorca y panoja, y del fenómeno llamado protandria en la floración, el maíz es una especie alógama (de polinización cruzada) y su tipo de inflorescencia ha permitido la producción de híbridos con alto potencial de rendimiento y amplia adaptación (9).

2.2.1.2. Clasificación taxonómica.

Planta monocotiledónea, anual, de la familia de las gramíneas, oriunda de América (10).

Reino:	Plantae
División:	Magnoliophyta
Clase:	Liliopsida
Orden:	Poales
Familia:	Poaceae
Tribu:	Andropogoneae
Género:	<i>Zea</i>
Especie:	<i>mays</i> L.

2.2.1.3. Requerimientos del cultivo.

2.2.1.3.1. Clima.

El maíz requiere una temperatura de 25 a 30 °C. Requiere bastante incidencia de luz solar y en aquellos climas húmedo su rendimiento es más bajo. Para que se produzca la germinación

en la semilla la temperatura debe situarse entre los 15 a 20 °C. El maíz llega a soportar temperaturas mínimas de hasta 8 °C y a partir de los 30 °C pueden aparecer problemas serios debido a mala absorción de nutrientes minerales y agua. Para la fructificación se requieren temperaturas de 20 a 32 °C (11).

2.2.1.3.2. *Riego.*

El maíz es un cultivo que requiere de unos 5 mm de agua al día. Los riegos pueden realizarse por aspersión y a manta. El riego más empleado en los últimos tiempos es por aspersión. Las necesidades hídricas van variando a lo largo del cultivo y cuando las plantas comienzan a crecer se requiere menos cantidad de agua, pero sí mantener una humedad constante. En la fase del crecimiento vegetativo es cuando más cantidad de agua se requiere y se recomienda un riego unos 10 a 15 días antes de la floración. La fase de floración es el periodo más crítico porque de ella depende el cuajado y la cantidad de producción obtenida por lo que aconsejan riegos que mantengan la humedad y permita una eficaz polinización y cuajado. Para el engrosamiento y maduración de la mazorca se debe disminuir la cantidad agua aplicada.

2.2.1.3.3. *Pluviometría.*

Las aguas en forma de lluvia son muy necesarias en periodos de crecimiento en unos contenidos de 40 a 65 cm.

2.2.1.3.4. *Exigencias de suelo.*

El maíz se adapta bien a todos los tipos de suelo, pero los suelo con pH entre 6 – 7 son a los que mejor se adaptan. También requieren suelos profundos, ricos en materia orgánica, con buena circulación del drenaje para no producir encharques que originen asfixia radicular y otras contradicciones que condicionen el cultivo (11).

2.2.2. *Mecanismos de resistencia de las plantas a insectos*

Este componente del manejo integrado de plagas (MIP) se puede definir como el uso de aquellas características genéticamente modificables de una especie, raza o variedad de planta que la hacen atacar a una especie, tolerarla, o influir en el comportamiento de una especie, raza o biotipo de herbívoro que normalmente se alimenta de ella. En otras palabras, la resistencia de plantas a insectos representa la capacidad que tienen las plantas de restringir, retardar o sobreponerse a la infestación por una plaga (12).

La resistencia del maíz a plagas, puede deberse a uno o la combinación de tres mecanismos, tales como: tolerancia, antibiosis y antixenosis, en la cual, este último, se refiere a la no preferencia del insecto por la planta para oviposición, refugio o consumo, mecanismo que depende de múltiples factores químicos y mecánicos, los cuales son heredables, poligénicos y de alta interacción con el ambiente, además, permiten que la planta no sea elegida por el insecto cuando se compara con cultivos preferidos o susceptibles (13).

Tolerancia. Es una resistencia donde una planta es capaz de resistir y se puede recuperar del daño causado por una abundancia del insecto-plaga igual a la que dañaría una planta sin los caracteres de resistencia. Es la respuesta de una planta a un insecto-plaga. Entonces, la resistencia por tolerancia difiere en cómo afecta la relación entre el insecto y la planta (12).

Antibiosis. Es una resistencia que afecta la biología del insecto de modo que la abundancia de la plaga y el daño subsecuente se reducen en comparación con el que sufriría si el insecto estuviera en una variedad de cultivo susceptible. La resistencia por antibiosis a menudo resulta en aumento de la mortalidad o reducción en la longevidad del insecto (12).

Antixenosis. Es una resistencia que afecta el comportamiento de un insecto-plaga y usualmente se expresa como no preferencia del insecto por una planta no resistente en comparación a una planta susceptible. Incorpora aquellas características que hacen que la planta no sea preferida por el insecto para su ataque cuando se compara con variedades susceptibles o preferidas (12).

2.2.3. Monitoreo

El monitoreo es una práctica que sirve frente a problemas de plagas y enfermedades, ya que consiste en revisar el cultivo periódicamente para detectar problemas potenciales, así como otras situaciones que requieran atención, como las deficiencias nutricionales, falta o exceso de agua, etc. El hecho de saber cuándo aparece y cómo evoluciona un problema fitosanitario es indispensable para llevar a cabo estrategias de manejo efectivas que repercutan en lo mínimo al rendimiento y calidad del cultivo. Los momentos del monitoreo dependen mucho del ciclo del cultivo, ciclo biológico de la plaga y al tiempo que requiere para alcanzar niveles de daños importantes (14). Es una práctica necesaria e importante en el manejo de las plagas de maíz, ya que brinda información sobre sus niveles poblacionales y la intensidad de daño. El monitoreo se refiere al relevamiento y registro de aspectos de la plaga y del cultivo que serán base para la construcción de criterios de intervención y decisiones de manejo (15).

2.2.4. *Métodos de monitoreo*

Monitoreo en estaciones o grupos de plantas. Se toma un grupo de plantas distribuidas homogéneamente en el terreno y se marcan, permitiendo realizar un seguimiento en la fluctuación de las plagas o enfermedades a través del tiempo y detectar la respuesta a un determinado manejo, enemigos naturales, evento climático o fenología de la planta.

Monitoreo al azar. Se realiza para detectar tempranamente la presencia de una nueva zona de ataque dentro de la unidad productiva. En caso de localizar un foco de plaga, se debe monitorear por separado y analizar los datos de forma independiente (14).

Trampas amarillas y azules. Consiste en un pedazo de plástico amarillo o azul cubierto de una sustancia adherente, las cuales se colocan en lugares estratégicos con el fin de obtener una muestra representativa de la zona y posteriormente contabilizar los individuos atrapados. El principio básico de esta trampa consiste en atraer a los insectos para que se queden pegados. La diferencia en los colores de las trampas radica en los tipos de plaga objetivo a monitorear.

Trampas con feromonas. Son contenedores que se colocan en el área a monitorear, los cuales tienen sustancias adherentes sintéticas y feromonas, estas provocan una respuesta en comportamiento de los insectos, atrayéndolos con la intención de que se queden pegados, además cabe señalar que son específicas a la especie de interés, por lo que el monitoreo tiende a limitarse. La ventaja que este método de trampas posee es que simultáneamente al monitoreo se contribuye al control de las poblaciones, evitando mayor dispersión y reproducción (14).

2.2.5. *Aspectos generales de Spodoptera frugiperda*

Conocida comúnmente como “gusano cogollero” (debido a su forma de daño más conocida) *S. frugiperda* es un insecto que causa varios tipos de problemas al cultivo de maíz, donde se han observado daños como cortador (trozador), defoliador, cogollero y, en algunos casos, llega a causar daño en espigas y como perforador o barrenador del tallo (15). Algo particular de este insecto es que, si el alimento se escasea, las larvas se trasladan a otros cultivos desplazándose en masa (16).

El adulto de *S. frugiperda* 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 mancha blanquecina notoria-orbicular con pequeñas manchas diagonales, una bifurcación poco visible que se extiende a través de la vena costal bajo la mancha reniforme; la línea subterminal parte del margen la cual tiene contraste gris pardo y gris azulado. 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.

Los huevecillos son grisáceos, semiglobulares, algo afilados en sus polos. En cuanto a las larvas neonatas, tienen su cuerpo blanquecino vidrioso, pero la cabeza y el dorso del primer segmento torácico negro intenso, las larvas de los estadios II, III y IV son pardos grisáceos en el dorso y verde en el lado ventral. Sobre el dorso y la parte superior de los costados tienen 3 líneas blancas, cada una con una hilera de pelos blancos amarillentos que se disponen longitudinalmente. Sobre cada segmento del cuerpo aparecen 4 manchas negras, vistas desde arriba ofrecen la forma de un trapecio isósceles; además tiene una “Y” invertida en la parte frontal de la cabeza y es de color blanco. La pupa es de color pardo rojizo con una longitud de 17 a 20 mm (17).

2.2.5.1. Clasificación taxonómica.

Reino: Animalia
Phylum: Arthropoda
Clase: Insecta
Orden: Lepidoptera
Familia: Noctuidae
Género: *Spodoptera*
Especie: *frugiperda* J.E.
Fuente: (18)

2.2.5.2. Ciclo biológico de *S. frugiperda*.

Huevo. Individualmente 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 (19).

Larva o gusano. 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 generalmente son oscuras con 3 rayas pálidas estrechas y longitudinales; en el dorso se distingue una banda negruzca 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 o 7 estadios o mudas, siendo de mayor importancia para tomar las medidas de control los 2 primeros; en el primero miden hasta 3 mm y la cabeza es completamente negra, el segundo mide de 4 – 10 mm y la cabeza es carmelita claro; las larvas pueden alcanzar hasta 35 mm 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.

Pupa. Son de color caoba y miden 14 a 17 milímetros de longitud, con su extremo abdominal (cremáster) 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 polilla. 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 km de distancia, especialmente cuando soplan vientos fuertes (19).

2.2.5.3. Daños que ocasiona a la planta.

Spodoptera frugiperda es una plaga clave en las gramíneas como masticador del tejido vegetal. La larva puede realizar diferentes tipos de daño en el cultivo de maíz:

Esqueletización de las hojas. Este daño es realizado por larvas de los dos primeros instares, las cuales al alimentarse producen un raspado en la superficie de la hoja, destruyendo el

mesófilo y la epidermis de un solo lado del follaje, dejando intacta la otra epidermis, observándose las áreas dañadas de color blanco y semitransparente (20).

Daño como cortador. Las larvas cortan las plantas a nivel de la base del tallo, durante los primeros 15 días después de la emergencia, que comprende desde la germinación hasta que las plantas tienen entre 4 y 7 hojas. Este daño muchas veces es confundido con el provocado por el gusano trozador del maíz (*Agrotis ipsilon*).

Daño como cogollero. Las larvas generalmente viven protegidas dentro del cogollo, encontrándose hasta 2 larvas por planta, alimentándose del tejido tierno y pudiendo destrozarse tanto la panoja en el cultivo de sorgo y como la mazorca en maíz. El daño como cogollero es realizado una vez que la planta tiene 4 o más hojas, las cuales presentan agujero de tamaño y forma regular.

Daño a mazorcas. Las larvas pueden causar daño a las mazorcas tiernas, destruyendo los granos en cualquier parte de la mazorca, a diferencia de la *Helicoverpa zea*, que prefiere la parte apical de la mazorca (20).

2.2.5.4. Mecanismos de resistencia a insecticidas.

Los principales mecanismos de los insectos para expresar el fenómeno de resistencia son:

Resistencia a la penetración cuticular. Debido a la reducción en la penetración cuticular, los individuos resistentes reciben una menor cantidad del tóxico en el sitio de acción dentro del insecto. La velocidad de entrada depende de las particularidades moleculares del insecticida y de las características del tegumento del insecto, lo que varía significativamente entre cepas y especies. Después de haber pasado el tegumento del insecto, el insecticida puede ingresar y ser conducido a los diferentes lugares del organismo en solución, unido con proteínas o disuelto en partículas de lípidos. La entrada del insecticida está dada por las propiedades fisicoquímicas del insecticida, tipo de formulación del insecticida, polaridad del insecticida y naturaleza del insecticida (21).

Resistencia a través del aumento en la detoxificación metabólica del plaguicida. Los insectos a través de la detoxificación metabólica son capaces de degradar la molécula química en compuestos inertes con mayor eficacia que los individuos susceptibles. Varios grupos enzimáticos están involucrados en la detoxificación metabólica de plaguicidas como mecanismos de resistencia en varias especies de artrópodos: las monooxigenasas

dependientes del citocromo P-450, esterasas, glutatión s-transferasa; previenen que el insecticida alcance su sitio de acción. Potencialmente todas las clases de plaguicidas pueden ser afectadas a través de este mecanismo (21).

Resistencia debido a la reducción de la sensibilidad del sitio de acción. Este mecanismo se produce en el momento que la molécula no puede unirse al sitio de acción, debido a que los individuos presentan una alteración o disminución en la sensibilidad del sitio de acción, mostrándose menos sensible al producto químico. La resistencia por insensibilidad en el sitio de acción es el principal porque no puede ser neutralizado con sinergistas. Cuando el insecto adquiere este tipo de resistencia no requiere de gasto de energía, continuamente está apto y transfiere resistencia cruzada positiva a otro tipo de moléculas con igual modo de acción.

Resistencia por comportamiento. Este mecanismo de resistencias está dado por las alteraciones en la conducta de los insectos que se manifiesta en una reducción del contacto con el insecticida para incrementar la posibilidad de sobrevivencia en un área tratada con insecticida. Se refiere a un mecanismo de resistencia inferior en contraste con otros mecanismos. En el comportamiento por escape el insecto no tiene contacto con el insecticida. El lapso necesario que se requiere para la evolución de resistencia es variable, puede ir de 15 a 20 generaciones o más, dependiendo de la naturaleza química del insecticida y el nivel de presión de selección que se utiliza. Desde el enfoque evolutivo, se trata de un tiempo relativamente corto (21).

2.2.5.5. Desarrollo de resistencia.

La resistencia se define como la habilidad para tolerar dosis altas de tóxicos, los cuales resultarían letales a la mayoría de los individuos de una población de la misma especie. La resistencia a insecticidas es una consecuencia de cambios genéticos que alteran procesos bioquímicos cuantitativamente; dichos cambios ocurren a nivel individual, pero se hacen aparentes en toda una población cuando la proporción de resistentes sea tal que se refleje en una falla en el control (12).

El desarrollo de resistencia a insecticidas representa un fenómeno micro evolutivo que limita la planeación a largo plazo de la producción agrícola. Ante un hecho micro evolutivo de esta naturaleza el productor con frecuencia aumenta la dosis para lograr otra vez un control efectivo con el mismo tipo de insecticida, causando un incremento en el costo directo para el control de plagas, a la vez que tienden a incrementarse los niveles de resistencia (21).

El manejo de esta plaga en otros países se ha realizado utilizando cultivos transgénicos, lo cual puede provocar el desarrollo de resistencia a las toxinas Cry (metabolitos de *Bacillus thuringiensis* que forman cristales de manera natural que al ser ingeridas por las larvas de lepidópteros atacan su sistema digestivo provocando su muerte (22) en las poblaciones de *S. frugiperda* que interaccionan con este tipo de cultivos (13).

La resistencia de los artrópodos a los pesticidas es un fenómeno que tiene bases genéticas, las cuales inducen alteraciones bioquímicas y toxicológicas en los individuos. La presión selectiva consecuente a su aplicación favorece la selección de los individuos que poseen genes resistentes (23).

2.2.5.6. Tipos de resistencia.

Resistencia cruzada. Se da cuando la resistencia a un insecticida es conferida a otro insecticida, aun cuando la plaga no haya sido expuesta al último producto; su presencia, por tanto, aumenta el riesgo de resistencia. La resistencia cruzada ocurre por dos o más compuestos que actúan sobre el mismo sitio de acción o son afectados por el mismo mecanismo de resistencia. Se desarrolla más comúnmente con compuestos que tienen el mismo modo de acción y que en ocasiones son químicamente relacionados en el mismo grupo químico (24).

Resistencia múltiple. Es la presencia simultánea de varios mecanismos diferentes de resistencia en el mismo organismo. Los distintos mecanismos de resistencia pueden combinarse para aportar resistencia a clases múltiples de insecticidas. En el campo, la resistencia múltiple y la cruzada pueden aparecer, pero la primera se desarrolla a partir de casos de selección por separado, mientras que la segunda resulta de los mecanismos de resistencia compartida.

Resistencia cruzada negativa. Ocurre cuando un mecanismo de resistencia convierte un organismo resistente a un insecticida, en susceptible a otro (24). Esto consiste en que cuanto más resistente es el insecto a un producto, más sensible se vuelve a otro. Este fenómeno sería perfecto para el manejo de la resistencia en campo, pero no es muy frecuente (25).

2.2.6. Susceptibilidad de *S. frugiperda*

En ausencia de genes de resistencia, la susceptibilidad a insecticidas tiene una distribución normal. Algunos individuos son altamente sensibles, otros poseen una sensibilidad reducida

mientras que la mayoría tiene un valor medio. En las poblaciones de insectos hay intervalos normales de respuesta a cada insecticida, esto se conoce como el nivel de susceptibilidad base o Línea Base y representa la respuesta la natural a estos tóxicos, en ausencia de la expresión del gen de resistencia. Es importante comparar los valores de Línea Base con aquellos observados en la población, una vez que esta es seleccionada con determinado insecticida (26).

Es posible que, la mayor parte de la población susceptible hayan sido eliminados progresivamente con los productos, mientras que han sobrevivido y reproducido aquellos individuos que han alterado algún tipo de mecanismo y que están involucrados en expresar el fenómeno de resistencia; como reducción de la sensibilidad en el sitio de acción y aumento de la detoxificación metabólica del plaguicida en el insecto (27).

2.2.7. Control químico de *S. frugiperda*

El control químico se divide en dos etapas:

1. Desde la germinación hasta V8, donde se usan aplicaciones de insecticidas líquidos de contacto o ingestión.
2. Después de la emisión de la hoja 8 se hacen aplicaciones de insecticidas granulados de contacto directamente a los cogollos infestados, con la ventaja de que no requiere ningún equipo sofisticado para su aplicación. En esta etapa del cultivo el control se dificulta con productos líquidos debido a que el cogollero se encuentra en el fondo del cogollo; la única desventaja es que requiere de mucha mano de obra (28).

Satorre (15) explica que, “frente a condiciones que favorecen la severidad de un ataque, vencidas las barreras de regulación del daño de la plaga previstos en el cultivo y habiendo monitoreado el lote para registrar y evaluar esta situación, los insecticidas aparecen como una herramienta complementaria”.

Desde el uso de insecticidas como cura semillas, hasta la pulverización de productos sobre los cultivos usados para el control pueden variar en dosis, modo de acción y seguridad para la salud y el ambiente. Carbamatos, Fosforados, Piretroides, IGRs o diamidas, están entre los grupos registrados y utilizados en forma complementaria para controlar estas plagas.

El insecticida y su dosis son considerados cuidadosamente en la mayor parte de los casos de control químico de plagas. El momento de aplicación se define a partir del adecuado

monitoreo del cultivo y se debe tener en cuenta: el nivel de incidencia de la plaga, su estado de desarrollo, el estado de desarrollo del cultivo y condiciones ambientales existentes (15).

2.2.8. Descripción de insecticidas para el control de *S. frugiperda*

2.2.8.1. Organofosforados.

Los compuestos organofosforados (OP) son sustancias orgánicas que tienen una estructura química de fósforo-carbono, o aquellas derivadas de la molécula del ácido fosfórico, que inhiben enzimas con actividad de la acetilcolinesterasa, lo que produce una acumulación de acetilcolina y como consecuencia una alteración en el impulso nervioso, son uno de los insecticidas más utilizados en la agricultura para el control de plagas, también son insecticidas de uso doméstico y para el control de vectores de enfermedades epidémicas. Forman parte de los insecticidas de contacto al absorberse por intermedio de los lípidos del integumento de los insectos (29).

Junto con los carbamatos, presentan su acción tóxica bloqueando importantes enzimas del sistema nervioso llamados colinesterasa. Durante la sinapsis el impulso es transmitido por la acetilcolina, la cual es destruida por la colinesterasa, de esta manera la sinapsis puede ser anulada para otra transmisión (30). Su concentración varía entre el 1 – 5 % en los insecticidas de uso doméstico, hasta el 85 – 90 % en productos destinados a uso agrícola. En forma pura son un aceite incoloro y, prácticamente, sin olor (31).

Las propiedades fisicoquímicas de estos compuestos varían de acuerdo con su estructura química. En general son poco solubles en agua, y solventes parafínicos; disolviéndose fácilmente en alcohol, acetona, benceno, tolueno, xilol y aceite de pino. Su volatilidad es muy variable y se puede presentar como líquidos o sólidos, en polvos a partir de los cuales se expanden en emulsiones, polvos mojables o adheridos a cebos o cintas repelentes (32).

Usos: Se utilizan como insecticidas, nematicidas, herbicidas, fungicidas, plastificantes y fluidos hidráulicos (en industrias). También son utilizados como armas químicas.

Propiedades:

- **Liposolubles:** Facilitan su absorción porque atraviesan fácilmente las barreras biológicas, también penetran en el sistema nervioso central. Algunos productos pueden almacenarse en tejido graso, lo que puede provocar toxicidad retardada debido a la liberación tardía.

- **Mediana tensión de vapor:** Lo que hace que sean volátiles facilitando la absorción por medio de inhalación.
- **Degradables:** Sufren hidrólisis en medio alcalino en tierra y en líquidos biológicos, no siendo persistentes en el ambiente.

Presentaciones: Los compuestos de uso agrícola están formulados a altas concentraciones que van desde 20 % - 70 % del principio activo. Su presentación más frecuente es en líquido con diferentes tipos de solventes, generalmente hidrocarburos derivados del petróleo como tolueno y xileno, esto favorece la absorción del principio activo. Además, existen presentaciones sólidas en forma de polvos, polvos humectantes y gránulos, que son menos tóxicas por la forma de presentación dada su menor absorción (33).

Clasificación de los compuestos organofosforados. Se dividen en dos grandes grupos: organofosforados no sistémicos o de contacto y organofosforados sistémicos (33).

2.2.8.1.1. Clorpirifos (ingrediente activo).

En un insecticida que pertenece al grupo de los organofosforados no sistémicos o de contacto. Clorpirifos se ha utilizado en casa para controlar cucarachas, pulgas y termitas; también se ha usado como ingrediente activo en ciertos collares antipulgas para animales domésticos. En la agricultura se utiliza para controlar las garrapatas del ganado y para el control de plagas. Es un sólido blanco que no se mezcla bien con agua, generalmente se mezcla con líquidos aceitosos antes de ser aplicado a los cultivos o a los animales. También se puede aplicar a los cultivos en forma de microcápsulas. Es el ingrediente activo de varios insecticidas comerciales (34).

Lorsban. Insecticida de amplio espectro, particularmente efectivo en el control de larvas de lepidópteros, escamas, chanchitos blancos y pulgón lanífero en frutales, vides y cítricos. Actúa por contacto, ingestión e inhalación. Produce una inhibición de colinesterasa. No es absorbido ni traslocado en la planta (35).

ProfiPyrinex. Insecticida que controla larvas y adultos de insectos masticadores, chupadores, tierreros, minadores, perforadores y trozadores. Controla plagas en sitios de difícil acceso tales como brotes, botones florales, entre otros. Aplicado al suelo, se fija a la materia orgánica presentando una alta efectividad contra plagas. Inhibe la acetilcolinesterasa; al no estar presente esta enzima, la acetilcolina no es transformada en

colina y por lo tanto los canales de transporte de energía permanecen abiertos generando permanentemente el impulso eléctrico que produce excitación general y convulsiones al sistema muscular, llevando al insecto a la postración y a su muerte (36).

Tabla 1
Características generales de clorpirifos

Características generales	
N° CAS	2921-88-2
Ingrediente activo	Clorpirifos
Nombre común (ISO-I)	Chlorpyrifos
Grupo químico	Organofosforados, clorado
Nombres comerciales	Agromil, Attamix, Batazo, Baygon Trampas, Clorban, Bolsa Polynsect, Clorfos, Clorpigran, Clorpirifos, Clorsint, Forados, Hormiguicida, Lorsban, Pestban, Pirinox, ProfiPyrinex, Sumpyrifos, Vexter
Fórmula	$C_9H_{11}Cl_3NO_3PS$
Acción biocida	Insecticida
Modo de acción	No sistémico, de contacto, respiratorio y estomacal, inhibidor de la colinesterasa
Estabilidad	Estable en medios neutros o ácidos, inestable en alcalinos. Su hidrólisis incrementa con el pH, con cobre y otros metales que pueden formar quelatos
Usos	Control de insectos minadores, chupadores y cortadores en el suelo y follaje, en muchos cultivos; plagas domésticas (Blattellidae, Muscidae, Isóptera). En banano, plátano y otros para impregnar fundas protectoras del fruto
Formulación	Concentrado emulsificable, granulado, polvo soluble en el agua
Especie:	(+ cipermetrina); (+ dimetoato); (+ endosulfan); (+ disulfoton); (+ triazofos)

FUENTE: UNA (37)

CAPÍTULO III
METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

3.1. Localización

El desarrollo de la investigación se llevó a cabo en el laboratorio Química y Bioquímica del Campus “La María” de la Universidad Técnica Estatal de Quevedo, ubicada en el km 7 vía Quevedo – El Empalme. La ubicación geográfica es 1°08’48.6’’ latitud Sur y 79°30’04.2’’ longitud Oeste, a una altitud de 73 msnm.

3.2. Tipo de investigación

La investigación se adapta a la línea 2 del área de investigación agrícola de la Universidad Técnica Estatal de Quevedo: Desarrollo de conocimiento y tecnologías de agricultura alternativa aplicable a las condiciones del trópico húmedo y semihúmedo del Litoral ecuatoriano. Esto con la finalidad de exponer datos sobre la eficiencia de las formulaciones comerciales de clorpirifos y el control de insectos-plaga realizando bioensayos en laboratorio en larvas de *Spodoptera frugiperda*. La investigación se llevó a cabo en los meses de enero, febrero, marzo y abril del 2023.

3.3. Métodos de investigación

3.3.1. Método de observación

Este método es un instrumento útil al momento de identificar las plantaciones de maíz que presentan problemas de plagas para la colecta de las diferentes poblaciones del gusano cogollero y, por otra parte, para determinar la mortalidad de las larvas cuando fueron tocadas en el último segmento abdominal en los análisis en laboratorio.

3.3.2. Método analítico

Este permitió el estudio de los factores que intervienen en la capacidad que tiene el gusano cogollero para ser resistente a las formulaciones comerciales de clorpirifos y analizar su eficiencia teniendo en cuenta la mortalidad que estos ejercen sobre las larvas de tercer instar de cogollero, de esta manera se puede sugerir el uso de estos insecticidas según los resultados.

3.4. Fuentes de recopilación de información

Se recopiló información de fuentes primarias a través de observaciones directas durante el tiempo de investigación, fuentes documentales con relación a un fenómeno o suceso que puede tener interés de ser investigado o relatado como la presencia de plagas en cultivos que llevan a la necesidad de generar un control sobre ellos para no tener pérdidas. También se

hizo uso de otras fuentes bibliográficas, tales como: libros, revistas y publicaciones científicas, tesis de grado y páginas web (fuentes secundarias).

3.5. Diseño de la investigación

Se realizaron dos experimentos, uno por cada producto (formulación de Lorsban y ProfiPyrinex), usando un Diseño Completamente al Azar (DCA) en arreglo factorial (población y dosis) con seis repeticiones. En la Tabla 2 se muestra el esquema del Análisis de Varianza, mientras que en la Tabla 3 se especifican las dosis y los tratamientos de Lorsban y ProfiPyrinex que se utilizaron en cada población de *Spodoptera frugiperda* con el número de repeticiones.

Tabla 2

Esquema del Análisis de Varianza

Fuente de variación	Fórmula	Grados de libertad
Factor A: Poblaciones	a-1	2
Factor B: Dosis	b-1	2
Interacción A x B	(a-1) (b-1)	4
Error experimental	(n-1) - (a-1) (b-1)	49
Total	(a*b*r)-1	53

ELABORADO: AUTOR

Tabla 3

Descripción de tratamientos y dosis de los insecticidas en poblaciones de S. frugiperda

Número de tratamientos	Número de repeticiones	Dosis de Lorsban (ml)	Dosis de ProfiPyrinex (ml)	Poblaciones
1	6	Control (agua)	Control (agua)	Buena Fe
2	6	500	400	Buena Fe
3	6	1000	700	Buena Fe
4	6	1500	1000	Buena Fe
5	6	Control (agua)	Control (agua)	Fusakatan
6	6	500	400	Fusakatan
7	6	1000	700	Fusakatan
8	6	1500	1000	Fusakatan
9	6	Control (agua)	Control (agua)	La Templanza
10	6	500	400	La Templanza
11	6	1000	700	La Templanza
12	6	1500	1000	La Templanza

ELABORADO: AUTOR

3.6. Instrumentos de investigación

3.6.1. Colección de poblaciones de *S. frugiperda*

Las poblaciones de *S. frugiperda* se colectaron en cultivos de maíz en las cosechas del año 2023 en tres localidades del Ecuador (Quinindé, Buena Fe, y Vinces) (Tabla 2). Para cada población se recolectaron unas 300 – 400 larvas y se colocaron en vasos de plástico de 100 ml que contenían dieta artificial para su posterior traslado al Laboratorio de Química y Bioquímica del Campus “La María”. Las larvas colectadas se mantuvieron en los mismos vasos plásticos con dieta para su desarrollo larvario.

Tabla 4

Localidades donde fueron colectadas larvas de S. frugiperda

Localidades	Coordenadas	Cantón	Parroquia
Buena Fe	0°55'55.3"S 79°29'09.5"W	Buena Fe	Cuatro Mangas
Fusakatan	0°03'37.6"N 79°23'22.1"W	Quinindé	La Unión
La Templanza	1°21'25.8"S 79°33'18.6"W	Vinces	Rcto. Anchoveta

ELABORADO: AUTOR

3.6.2. 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 con papel filtro, cerradas con una tapa de plástico transparente hasta que los adultos emergieron. Se colocaron alrededor de 10 parejas de polillas por jaula en tubos de PVC de 10 cm de diámetro x 20 cm de altura, que se cubrieron internamente con papel periódico para el apareamiento y la oviposición. 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 cambió cada dos días. Las posturas contenidas en el papel periódico se cortaron y colocaron en vasos plásticos transparentes (100 ml), junto con un trozo de papel filtro humedecido con agua para mantener la humedad interna (3). Cuando las larvas eclosionaron fueron individualizadas en vasos plásticos que contenían dieta artificial a base de fréjol, germen de trigo y levadura de cerveza (38).

3.6.3. Bioensayos con insecticidas

Se utilizaron los insecticidas Lorsban® y ProfiPyrinex® (de ingrediente activo Clorpirifos) en las formulaciones Emulsión Acuosa Concentrada (EW) y Concentrado Emulsionable

(EC), respectivamente. Todos los bioensayos se realizaron de acuerdo con el método No. 020 del IRAC (Insecticide Resistance Action Committee) (39). Se utilizaron placas acrílicas de 24 pocillos (CELLTREAT®) con aproximadamente 1,25 ml de dieta artificial. Después del secado, las placas se mantuvieron en una cámara de flujo laminar con luz ultravioleta para su esterilización. Por cada formulación se probaron tres dosis, Lorsban 500 ml ha⁻¹ (Baja), 1000 ml ha⁻¹ (Media, dosis recomendada por el fabricante) y 1500 ml ha⁻¹ (Alta); Profipyrinex 400 ml ha⁻¹ (Baja), 700 ml ha⁻¹ (Media, dosis recomendada por el fabricante) y 1000 ml ha⁻¹ (Alta). Se utilizó agua destilada para la preparación de la solución de las dosis con la adición de 0,1 % (v/v) del surfactante Triton®. Posteriormente se aplicó a cada pocillo, 30 µL de la solución insecticida por dosis y formulación. Después que se secaron las placas, se inocularon individualmente larvas de tercer instar en cada pocillo. Para cerrar las celdas se utilizaron láminas de plástico transparentes perforadas y las tapas de las placas y. Las placas se mantuvieron en salas climatizadas con temperatura de 25 ± 2 °C y fotofase de 12 h y luego de 96 h se realizaron evaluaciones teniendo como criterio de mortalidad individuos sin movimiento aparente después de ser tocados con pinzas en el último segmento abdominal.

3.6.4. Variables evaluadas

3.6.4.1. Mortalidad de *S. frugiperda*.

Para determinar la mortalidad de cada producto con sus respectivas dosis se empleó la fórmula de Schneider-Orelli (45).

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

Donde:

Mc %: Mortalidad corregida.

MT %: Porcentaje de mortalidad en el tratamiento.

MC %: Porcentaje de mortalidad en el control.

3.6.4.2. Efecto de las formulaciones Lorsban y ProfiPyrinex sobre la mortalidad de *S. frugiperda*.

Para determinar el efecto de la formulación de los productos Lorsban y ProfiPyrinex se comparó el porcentaje de mortalidad que estas ejercieron al ser aplicadas en larvas de *S. frugiperda* a las 96 horas. De esta manera se pudieron hacer las comparaciones necesarias para determinar la mejor formulación comercial, es decir, la que obtuvo mayor porcentaje de mortalidad por dosis y por poblaciones de larvas de III instar de *S. frugiperda*.

3.7. Tratamiento de los datos

Los datos de mortalidad de cada experimento se analizaron usando un Modelo Lineal Generalizado con distribución Quasibinomial (40). Para evaluar la bondad de ajuste del modelo, se usó un gráfico de media normal con una envolvente simulada con el paquete hnp (41). Cuando el análisis de Devianza indicó diferencias significativas ($p < 0,05$), las medias fueron comparadas utilizando modelos de contrastes con la función glht del paquete multcomp (42). La comparación entre los productos se realizó mediante la prueba de t para la diferencia de dos medias (43). Todos los análisis fueron realizados usando el software R (44). Los datos de mortalidad del control fueron usados para corregir la mortalidad de las dosis.

3.8. Recursos humanos y materiales

3.8.1. Recursos humanos

Manuel Eduardo Vera Alay (Autor del proyecto de investigación)

Dr. Milton Fernando Cabezas Guerrero (Auspicio de la Unidad de Integración Curricular)

3.8.2. Materiales e insumos

3.8.2.1. Materiales de campo.

- Recipientes
- Machete
- Tasa medidora
- Botas

- Insecticidas Lorsban® (480 g/l de ingrediente activo clorpirifos) y ProfiPyrinex® (480 g/l de ingrediente activo clorpirifos)

3.8.2.2. *Materiales de oficina.*

- Cuaderno
- Computadora
- Lápiz
- Cámara

3.8.2.3. *Equipo de laboratorio.*

- Jaulas de reproducción
- Cajas Petri
- Cámaras climatizadas
- Balanza
- Pipetas
- Vasos plásticos transparentes
- Dieta artificial
- Papel filtro

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

CAPÍTULO IV
RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. Resultados

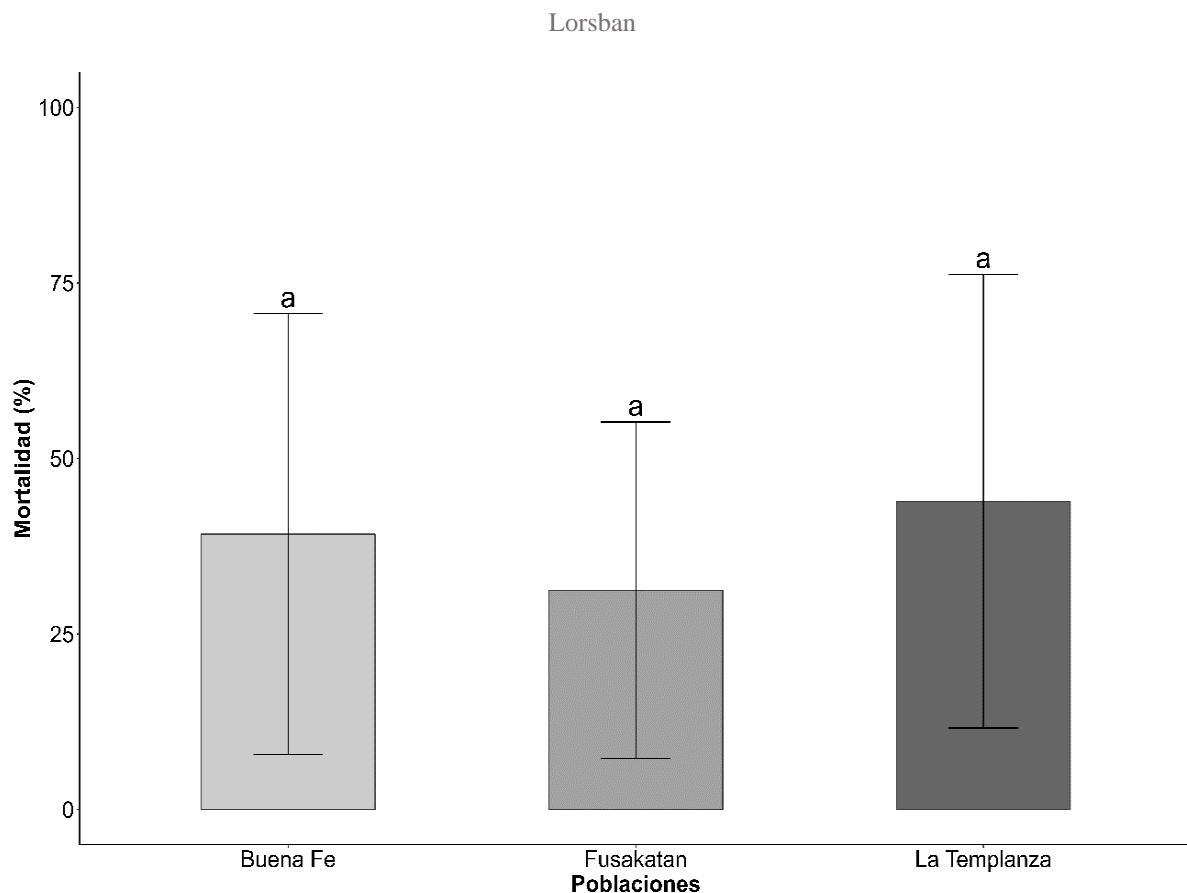
4.1.1. Porcentaje de mortalidad (%) de diferentes poblaciones (Buena Fe, Fusakatan, La Templanza) de *Spodoptera frugiperda* utilizando diferentes dosis (baja, media, alta) de los insecticidas Lorsban y ProfiPyrinex

4.1.1.1. Porcentaje (%) de mortalidad del insecticida Lorsban en larvas de *S. frugiperda*

La mortalidad de larvas de diferentes poblaciones de *Spodoptera frugiperda* por efecto del insecticida Lorsban se muestra en la Figura 1. El gráfico de barras indica que los porcentajes de mortalidad en las tres poblaciones, de Buena Fe (39,24 %), Fusakatan (31,25 %) y La Templanza (43,92 %), son significativamente iguales ($F = 3,06$; $gl = 2$; $p = 0,054$) y, por lo tanto, no presentan diferencias entre sí.

Figura 1

Mortalidad de larvas de tercer instar de diferentes poblaciones de *S. frugiperda* por el insecticida Lorsban

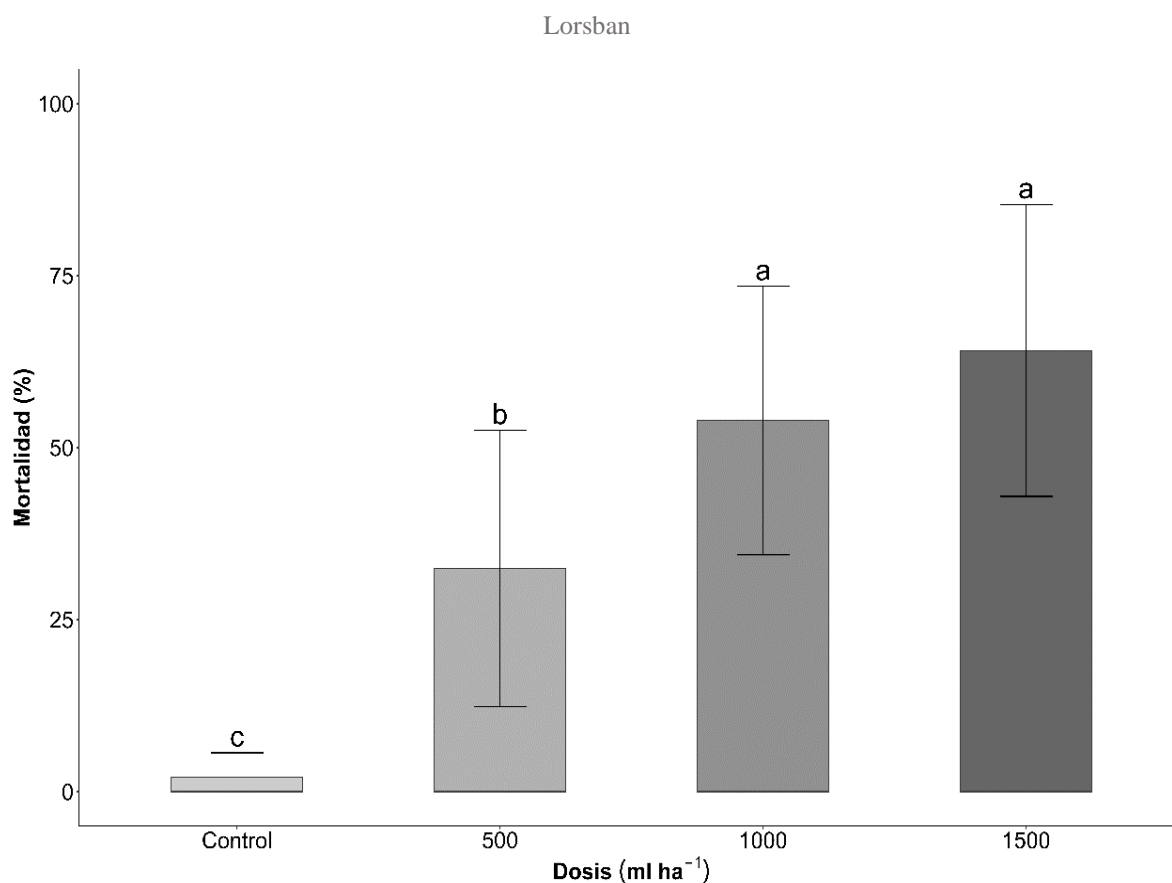


Barras ($\pm ds$) con letras iguales no difieren significativamente, Tukey ($p > 0,05$); $ds =$ desviación estándar

La mortalidad de larvas de *S. frugiperda* utilizando dosis baja (500 ml ha⁻¹), media (1000 ml ha⁻¹) y alta (1500 ml ha⁻¹), además del control (agua), se muestra en la Figura 2. El gráfico de barras indica que las dosis utilizadas para este insecticida guardan diferencias significativas ($F = 51,89$; $gl = 3$; $p < 0,0001$), ya que con la dosis de 1500 ml ha⁻¹ se obtuvo un porcentaje de mortalidad (64,12 %) que no difiere con la dosis de 1000 ml ha⁻¹ (53,94 %), pero sí con la dosis de 500 ml ha⁻¹ (32,41 %) y el control (2,08 %). Esto sugiere que no es necesario sobrepasar la dosis recomendada debido a que se obtiene el mismo resultado que con la dosis recomendada.

Figura 2

Mortalidad de larvas de tercer instar de S. frugiperda a diferentes dosis del insecticida Lorsban



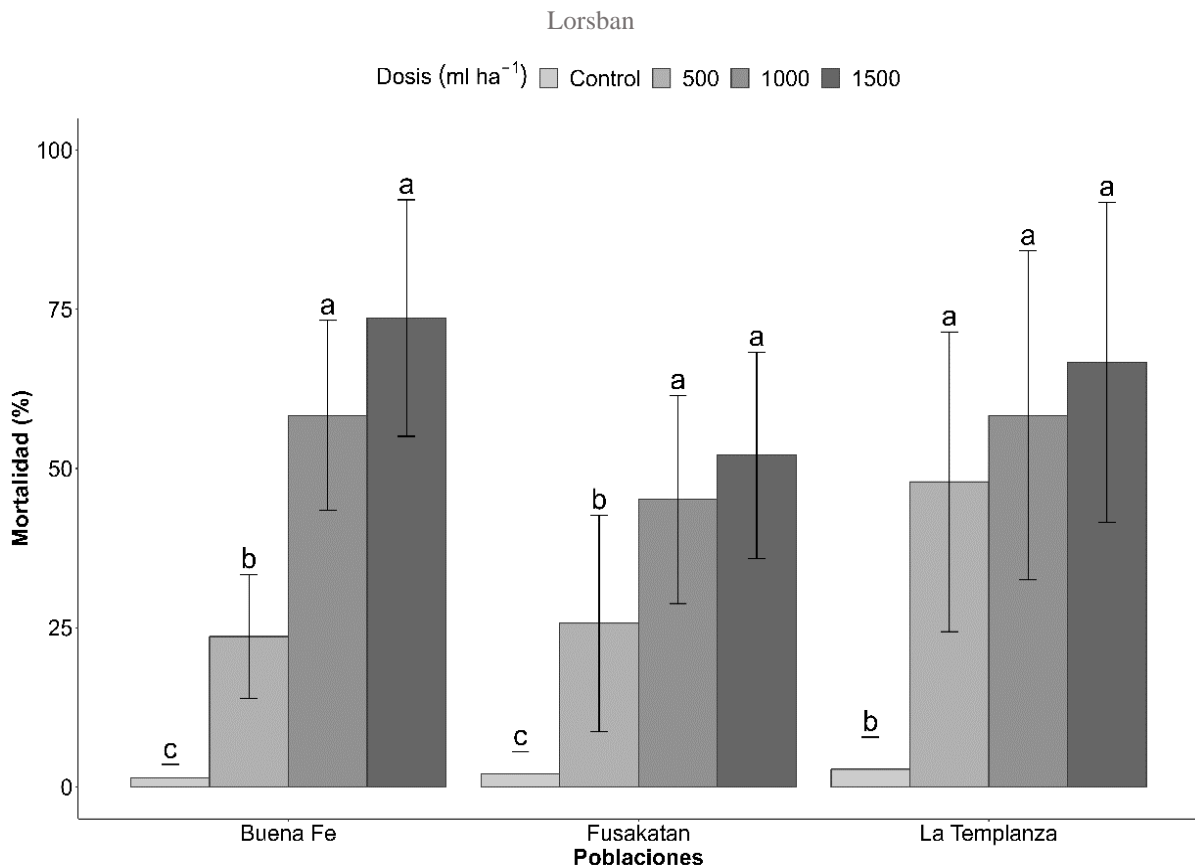
Barras ($\pm ds$) con letras iguales no difieren significativamente, Tukey ($p > 0,05$); $ds =$ desviación estándar

La mortalidad del insecticida por poblaciones de larvas de tercer instar de *S. frugiperda* utilizando dosis baja (500 ml ha⁻¹), media (1000 ml ha⁻¹) y alta (1500 ml ha⁻¹), además del control (agua), se muestra en la Figura 3. Los porcentajes de mortalidad que se obtuvieron con la población de Buena Fe difieren significativamente ($F = 36,16$; $gl = 3$; $p < 0,0001$), ya

que con la dosis de 1500 ml ha⁻¹ se obtuvo un porcentaje de mortalidad (73,61 %) que no difiere con la dosis de 1000 ml ha⁻¹ (58,33 %), pero sí con la dosis de 500 ml ha⁻¹ (23,61 %) y al control (1,39 %). En la población de Fusakatan también se observaron diferencias significativas (F = 16,36; gl = 3; p < 0,0001), ya que con la dosis de 1500 ml ha⁻¹ se obtuvo un porcentaje de mortalidad (52,08 %) que no difiere con la dosis de 1000 ml ha⁻¹ (45,14 %), pero sí con la dosis de 500 ml ha⁻¹ (25,69 %) y al control (2,08 %). Con la población de La Templanza mostró que la mortalidad entre las dosis es igual significativamente (F = 11,12; gl = 3; p < 0,0001) excepto en la mortalidad con el control (2,78 %), que difiere con la dosis de 1500 ml ha⁻¹ (66,67 %), de 1000 ml ha⁻¹ (58,33 %) y la de 500 ml ha⁻¹ (47,92 %).

Figura 3

Mortalidad de larvas de tercer instar de diferentes poblaciones de S. frugiperda a diferentes dosis del insecticida Lorsban



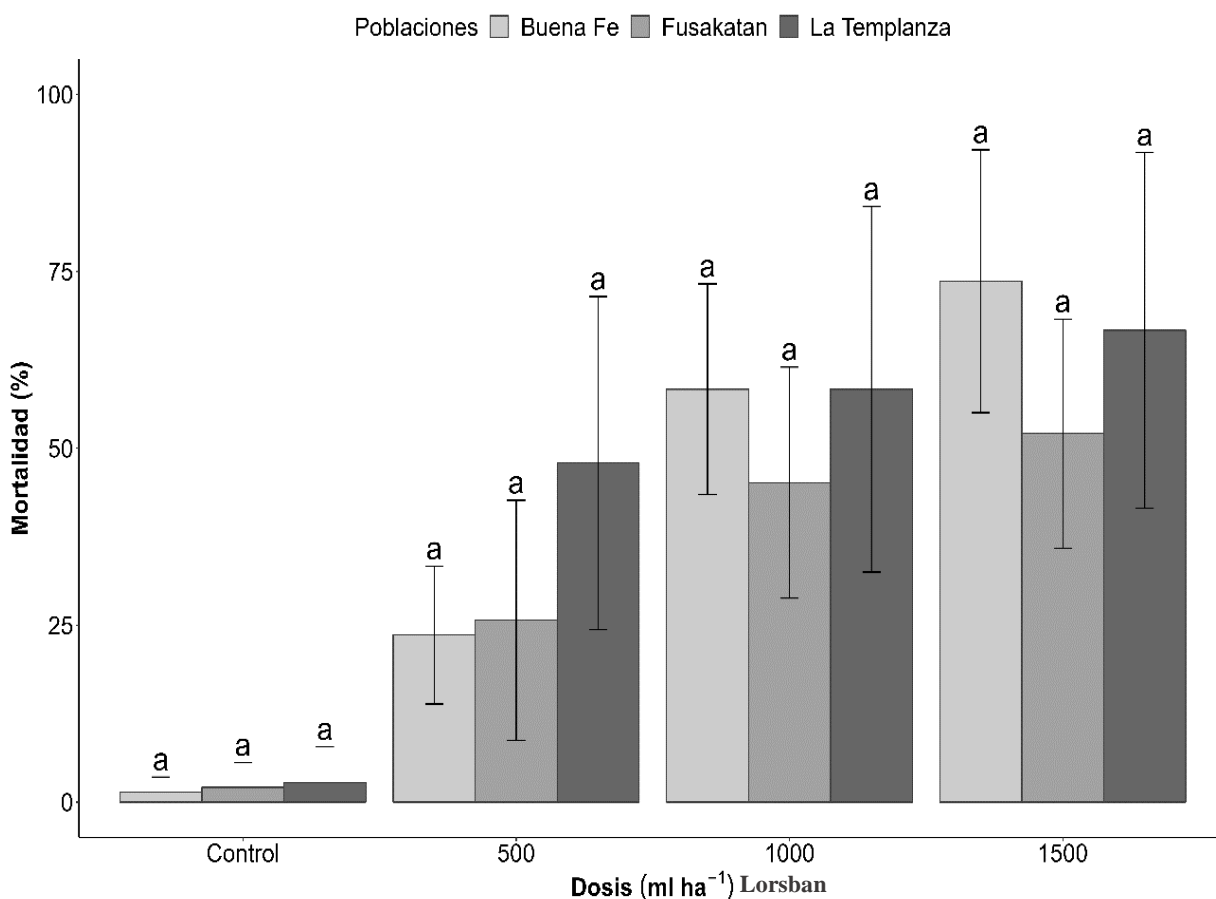
Grupo de barras (\pm ds) con letras iguales no difieren significativamente, Tukey ($p > 0,05$); ds = desviación estándar

La mortalidad del insecticida utilizando un control (agua), dosis baja (500 ml ha⁻¹), media (1000 ml ha⁻¹) y alta (1500 ml ha⁻¹) en larvas de tercer instar de diferentes poblaciones de *S. frugiperda* se muestra en la Figura 4. Los porcentajes de mortalidad para en la población de

Buena Fe (1,39 %), Fusakatan (2,08 %) y La Templanza (2,78 %) no mostraron diferencias significativas ($F = 0,23$; $gl = 2$; $p = 0,80$). Con la dosis de 500 ml ha^{-1} no se observaron diferencias significativas ($F = 3,43$; $gl = 2$; $p = 0,06$) en la mortalidad de larvas de la población de Buena Fe (23,61 %), Fusakatan (25,69 %) y La Templanza (47,92 %). Con la dosis de 1000 ml ha^{-1} se observó que es existe igualdad significativa ($F = 0,89$; $gl = 2$; $p = 0,43$) en los porcentajes de mortalidad entre las poblaciones de Buena Fe (58,33 %), Fusakatan (45,14 %) y La Templanza (58,33 %). Finalmente, con la dosis alta de 1500 ml ha^{-1} se observó que son iguales significativamente ($F = 1,66$; $gl = 2$; $p = 0,22$) los porcentajes de mortalidad entre las poblaciones de Buena Fe (73,61 %), Fusakatan (52,08 %) y La Templanza (66,67 %).

Figura 4

Mortalidad entre poblaciones con diferentes dosis del insecticida Lorsban en larvas de tercer instar de S. frugiperda



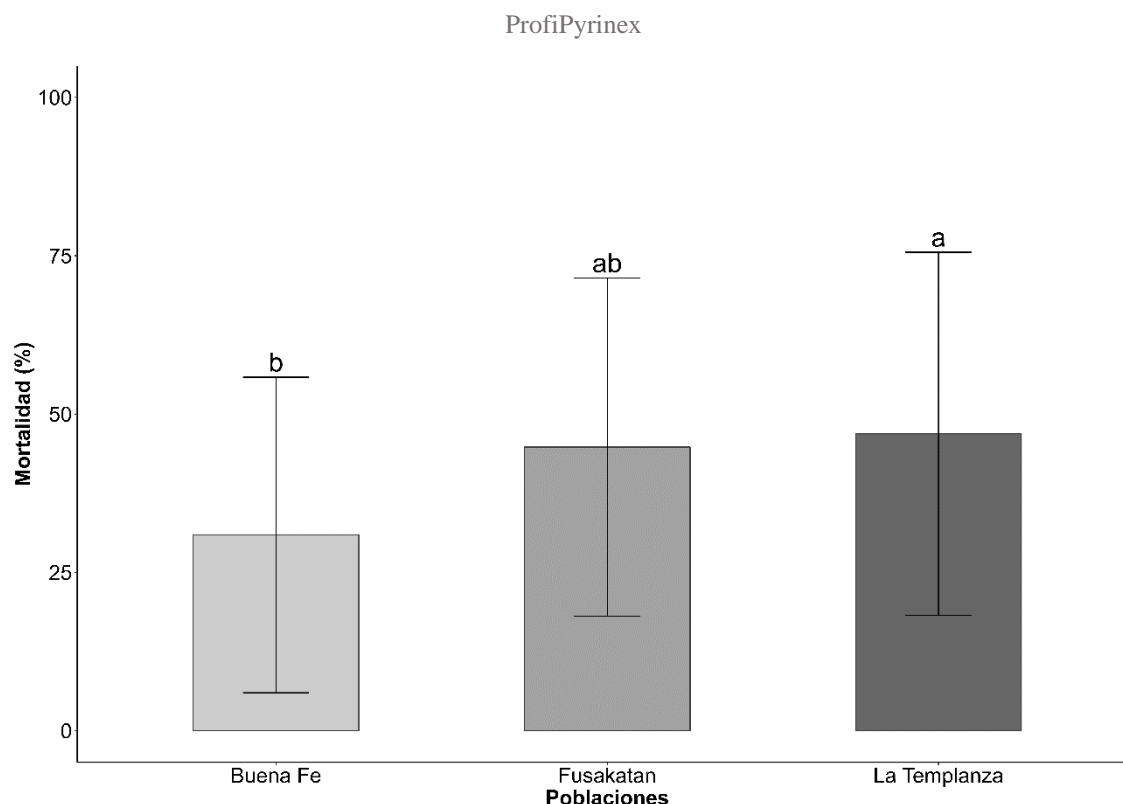
Grupo de barras ($\pm ds$) con letras iguales no difieren significativamente, Tukey ($p > 0,05$); $ds =$ desviación estándar

4.1.1.2. Porcentaje (%) de mortalidad del insecticida ProfiPyrinex en larvas de *S. frugiperda*

La mortalidad en diferentes poblaciones de *Spodoptera frugiperda* utilizando ProfiPyrinex se muestra en la Figura 5. El gráfico de barras indica que los porcentajes de mortalidad no son significativamente iguales ($F = 13,29$; $gl = 2$; $p < 0,001$), indicando que la mortalidad de la población de Fusakatan (44,79 %) es igual a las poblaciones de Buena Fe (30,90 %), y La Templanza (46,87 %), sin embargo, Buena Fe y La Templanza no son iguales significativamente.

Figura 5

Mortalidad de larvas de tercer instar de diferentes poblaciones de *S. frugiperda* por el insecticida ProfiPyrinex



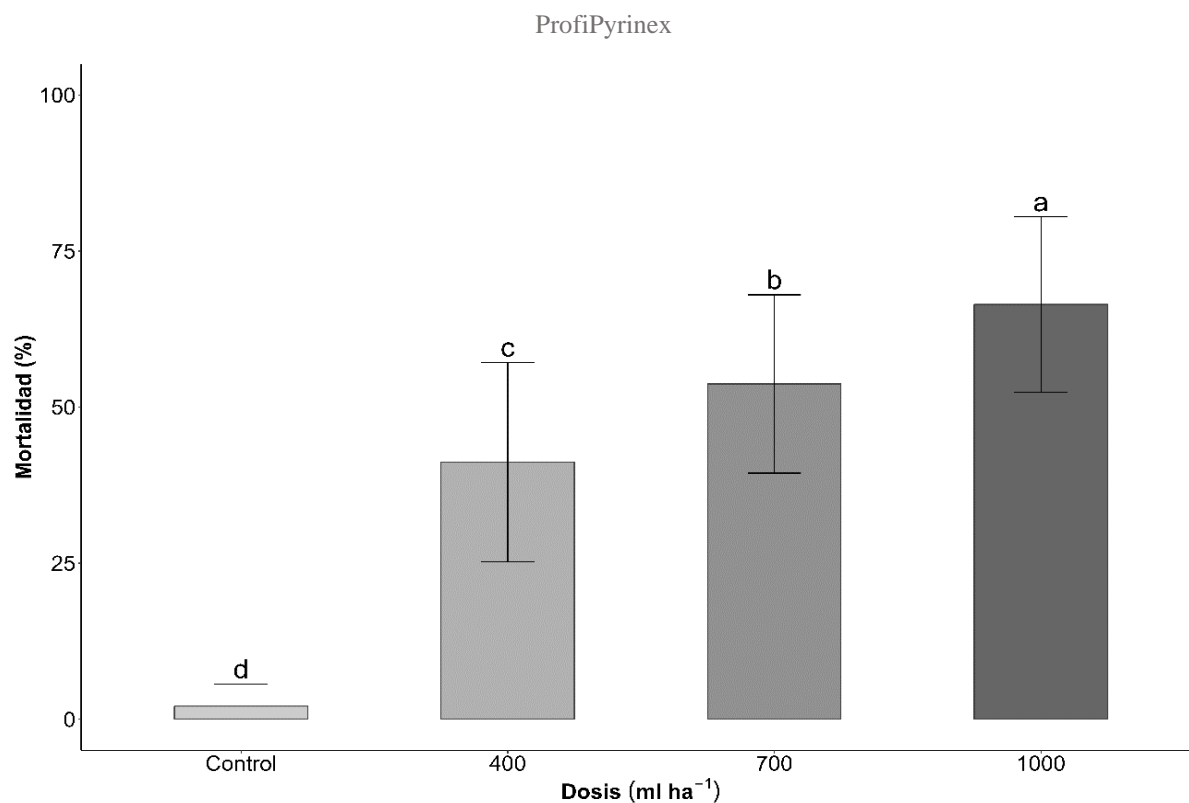
Barras ($\pm ds$) con letras iguales no difieren significativamente, Tukey ($p > 0,05$); ds = desviación estándar

La mortalidad de larvas de *S. frugiperda* utilizando un control (agua), dosis baja (400 ml ha^{-1}), media (700 ml ha^{-1}) y alta (1000 ml ha^{-1}) se muestra en la Figura 6. El gráfico de barras indica que las dosis utilizadas para este insecticida presentan diferencias significativas ($F = 127,71$; $gl = 3$; $p < 0,0001$), ya que el porcentaje de mortalidad difirió para todas las dosis;

1000 ml ha⁻¹ (66,43 %), 700 ml ha⁻¹ (53,70 %), 400 ml ha⁻¹ (41,20 %) y con el control (2,08 %), siendo más eficiente con la dosis que supera a la recomendada por el fabricante.

Figura 6

Mortalidad de larvas de tercer instar de *S. frugiperda* a diferentes dosis del insecticida ProfiPyrinex



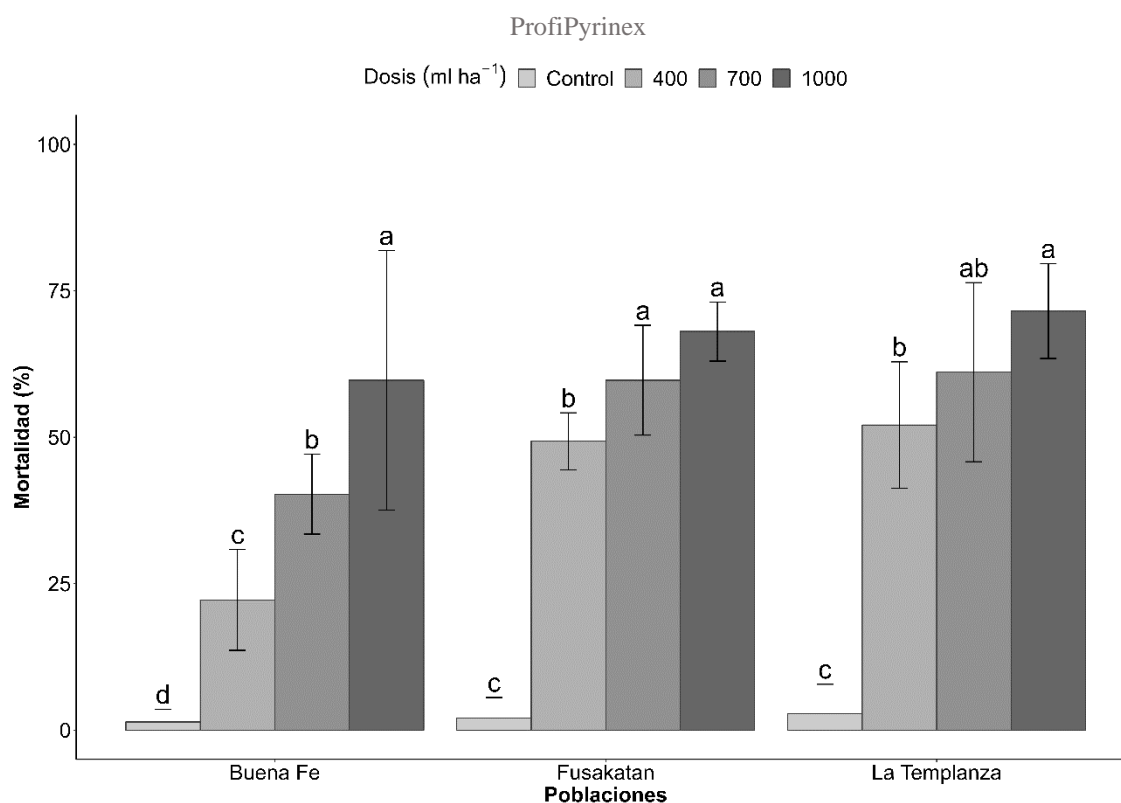
Barras ($\pm ds$) con letras iguales no difieren significativamente, Tukey ($p > 0,05$); ds = desviación estándar

La mortalidad del insecticida en poblaciones de larvas de tercer instar de *S. frugiperda* utilizando un control (agua), dosis baja (400 ml ha⁻¹), media (700 ml ha⁻¹) y alta (1000 ml ha⁻¹) se muestra en la Figura 7. El gráfico de barras indica que en la población de Buena Fe el porcentaje de mortalidad de la dosis de 1000 ml ha⁻¹ (59,72 %) difiere significativamente ($F = 27,85$; $gl = 3$; $p < 0,0001$), con la dosis de 700 ml ha⁻¹ (40,28 %), la de 400 ml ha⁻¹ (22,22 %) y el control (1,39 %). En la población de Fusakatan se observó que con la dosis de 1000 ml ha⁻¹ se obtuvo un porcentaje de mortalidad (68,06 %) que es significativamente igual ($F = 89,44$; $gl = 3$; $p < 0,0001$), con la dosis de 700 ml ha⁻¹ (59,72 %), pero no con la dosis de 400 ml ha⁻¹ (49,31 %) y con el control (2,08 %). En la población de La Templanza se observó que existen diferencias significativas ($F = 40,09$; $gl = 3$; $p < 0,0001$) al igual que las otras poblaciones, sin embargo, se observó que el porcentaje de mortalidad con la dosis

de 700 ml ha⁻¹ (58,33 %) guarda similitud con la dosis de 1000 ml ha⁻¹ (66,67 %) y con la de 400 ml ha⁻¹ (47,92 %), y a su vez, estas tres dosis no son iguales significativamente con el control (2,78 %).

Figura 7

Mortalidad de larvas de tercer instar de diferentes poblaciones de *S. frugiperda* a diferentes dosis del insecticida ProfiPyrinex



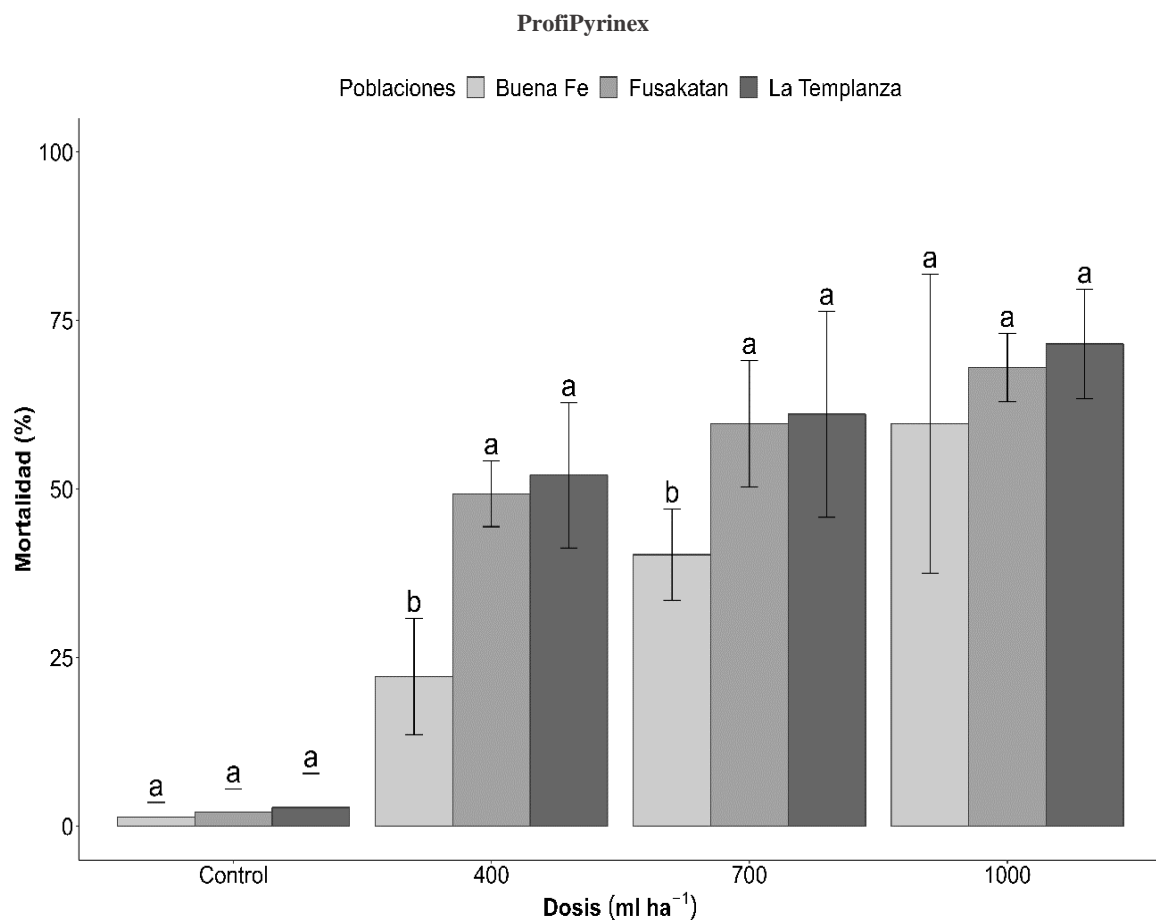
Grupo de barras ($\pm ds$) con letras iguales no difieren significativamente, Tukey ($p > 0,05$); $ds =$ desviación estándar

La mortalidad de larvas de tercer instar de diferentes poblaciones de *S. frugiperda* por efecto del insecticida ProfiPyrinex, con dosis (400 ml ha⁻¹), media (700 ml ha⁻¹), alta (1000 ml ha⁻¹) y un control (agua) se muestra en la Figura 8. Se observó que los porcentajes de mortalidad para el control entre las poblaciones de Buena Fe (1,39 %), Fusakatan (2,08 %) y La Templanza (2,78 %) fueron iguales significativamente ($F = 0,23$; $gl = 2$; $p = 0,80$). Con la dosis de 400 ml ha⁻¹ se encontraron diferencias significativas ($F = 21,42$; $gl = 2$; $p < 0,0001$). El porcentaje de mortalidad entre la población de Fusakatan (49,31 %) y Templanza (52,08 %) fueron estadísticamente iguales, mientras que la mortalidad en la población de Buena Fe (22,22 %) fue estadísticamente inferior. Al emplear la dosis de 700 ml ha⁻¹ se evidenciaron diferencias significativas ($F = 6,39$; $gl = 2$; $p < 0,009$) en los porcentajes de mortalidad entre

las poblaciones analizadas. Específicamente, se encontró una similitud en los porcentajes de mortalidad entre las poblaciones de Fusakatan (59,72 %) y La Templanza (61,11 %), mientras que la población Buena Fe presentó una mortalidad estadísticamente menor (40,28 %). Finalmente, con la dosis alta de 1000 ml ha⁻¹ se encontró que no existen diferencias significativas ($F = 1,19$; $gl = 2$; $p = 0,33$) en los porcentajes de mortalidad entre las poblaciones de Buena Fe (59,72 %), Fusakatan (68,06 %) y La Templanza (71,53 %).

Figura 8

Mortalidad a diferentes dosis del insecticida ProfiPyrinex en larvas de tercer instar de diferentes poblaciones de S. frugiperda



Grupo de barras ($\pm ds$) con letras iguales no difieren significativamente, Tukey ($p > 0,05$); $ds =$ desviación estándar

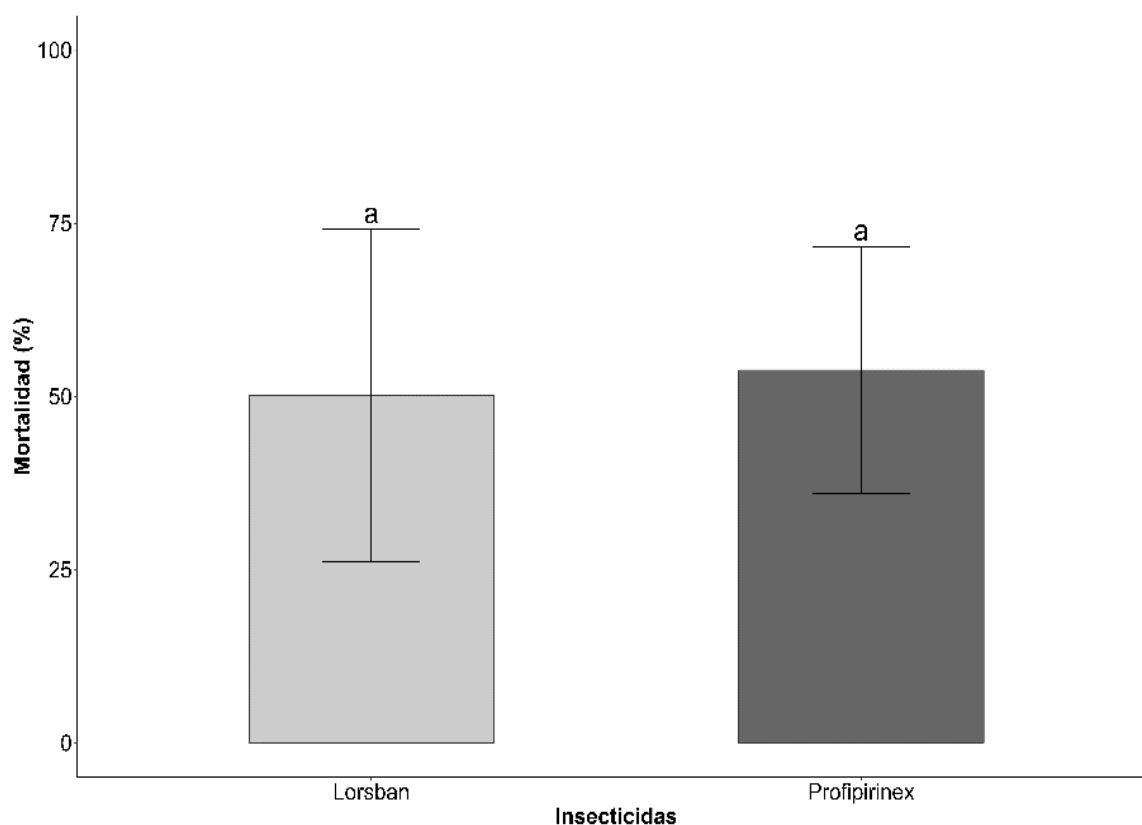
4.1.2. Efecto de las formulaciones Lorsban y ProfiPyrinex sobre la mortalidad de S. frugiperda

La mortalidad con los insecticidas Lorsban y ProfiPyrinex en larvas de tercer instar de *Spodoptera frugiperda* se muestran en la Figura 9. El gráfico de barras demostró que no

existen diferencias significativas ($x^2 = 3,41$; $gl = 1$; $p = 0,065$) entre el porcentaje de mortalidad de Lorsban (50,15 %) y ProfiPyrinex (53,78 %). Esto indica que las formulaciones comerciales de clorpirifos tienen la misma eficiencia según los resultados obtenidos evaluando la mortalidad de ambos insecticidas.

Figura 9

Mortalidad de larvas de tercer instar de S. frugiperda con los insecticidas Lorsban y ProfiPyrinex



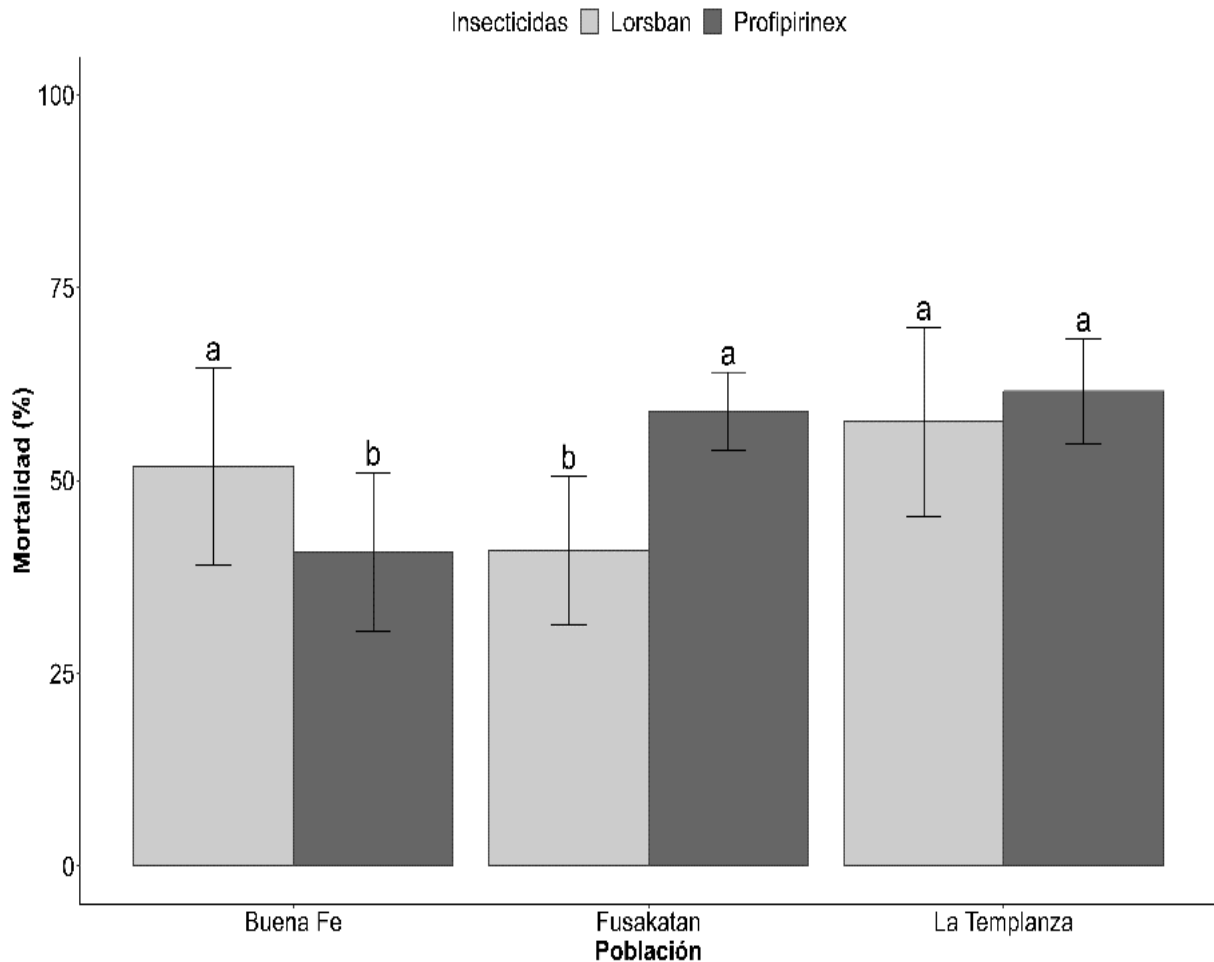
Barras ($\pm ds$) con letras iguales no difieren significativamente, Tukey ($p > 0,05$); $ds = desviación estándar$

La mortalidad utilizando los insecticidas Lorsban y ProfiPyrinex en larvas de tercer instar de diferentes poblaciones de *S. frugiperda* se muestra en la Figura 10. En la población de Buena Fe se observaron diferencias significativas ($x^2 = 10,73$; $gl = 1$; $p = 0,001$) entre el porcentaje de mortalidad de Lorsban (51,85 %) y ProfiPyrinex (40,74 %). En Fusakatan también se observaron diferencias significativas ($x^2 = 28,17$; $df = 1$; $P < 0,0001$) entre el porcentaje de mortalidad de Lorsban (40,97 %) y ProfiPyrinex (59,03 %). Por otra parte, en la población de La Templanza se observó que los porcentajes de mortalidad de Lorsban

(57,64 %) y ProfiPyrinex (61,57 %) son iguales significativamente ($\chi^2 = 1,39$; $df = 1$; $P = 0,238$).

Figura 10

Mortalidad de larvas de tercer instar de diferentes poblaciones de *S. frugiperda* con los insecticidas Lorsban y ProfiPyrinex



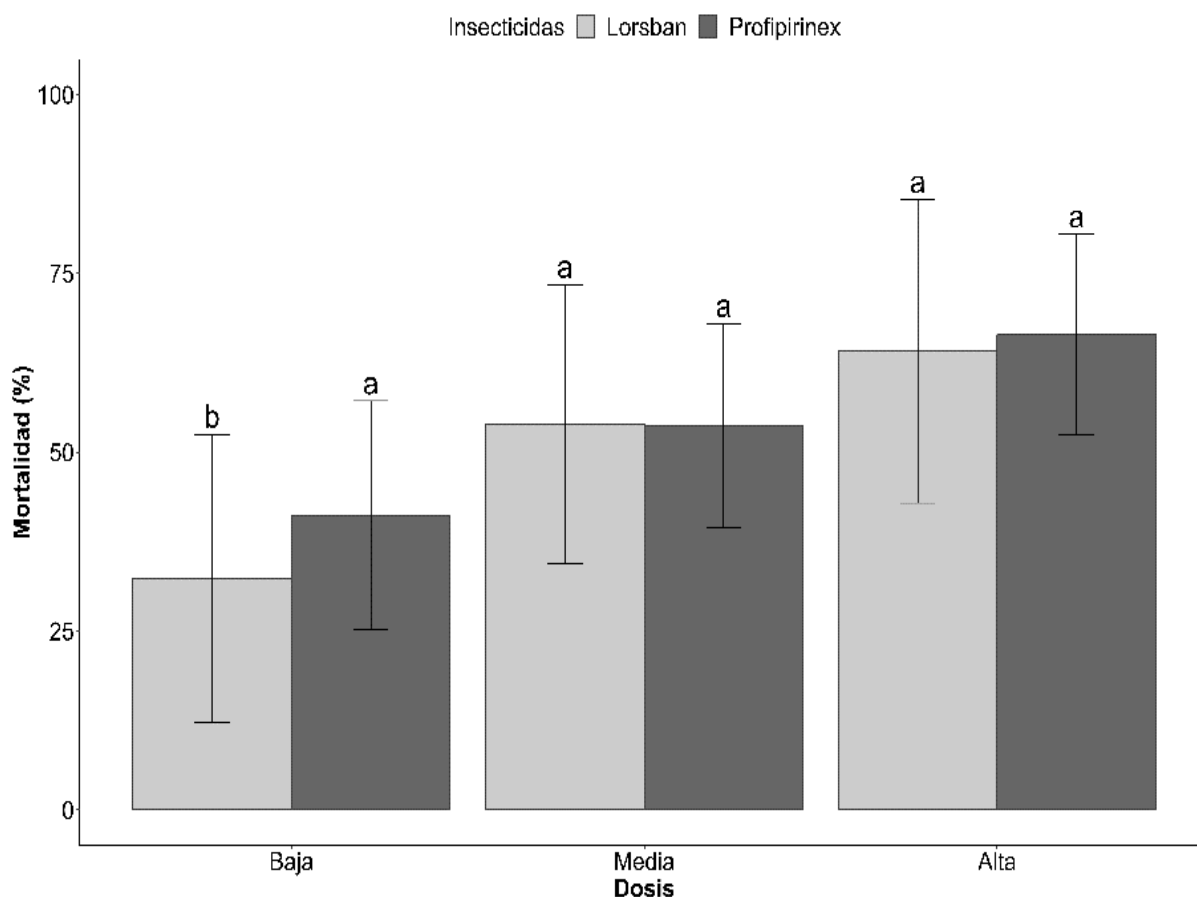
Grupo de barras ($\pm ds$) con letras iguales no difieren significativamente, Tukey ($p > 0,05$); $ds =$ desviación estándar

La mortalidad de larvas de *S. frugiperda* por el efecto de diferentes dosis (baja, media y alta) de Lorsban y ProfiPyrinex se muestran en la Figura 11. Con el porcentaje de mortalidad de Lorsban (32,41 %) y ProfiPyrinex (41,20 %) a dosis baja, se evidencia que existe diferencias significativas ($\chi^2 = 7,19$; $df = 1$; $P = 0,007$) en ambos insecticidas. Mientras que con la dosis media se observó que los porcentajes de mortalidad con Lorsban (53,94 %) y ProfiPyrinex (53,70 %) son iguales significativamente ($\chi^2 = 0,005$; $df = 1$; $P = 0,95$). Finalmente, con la

dosis alta tampoco se observaron diferencias significativas ($x^2 = 0,51$; $df = 1$; $P = 0,475$) entre el porcentaje de mortalidad con Lorsban (64,12 %) y ProfiPyrinex (66,44 %).

Figura 11

Mortalidad de larvas de tercer instar de S. frugiperda a diferentes dosis (baja, media y alta) de los insecticidas Lorsban y ProfiPyrinex



Grupo de barras ($\pm ds$) con letras iguales no difieren significativamente, Tukey ($p > 0,05$); $ds =$ desviación estándar

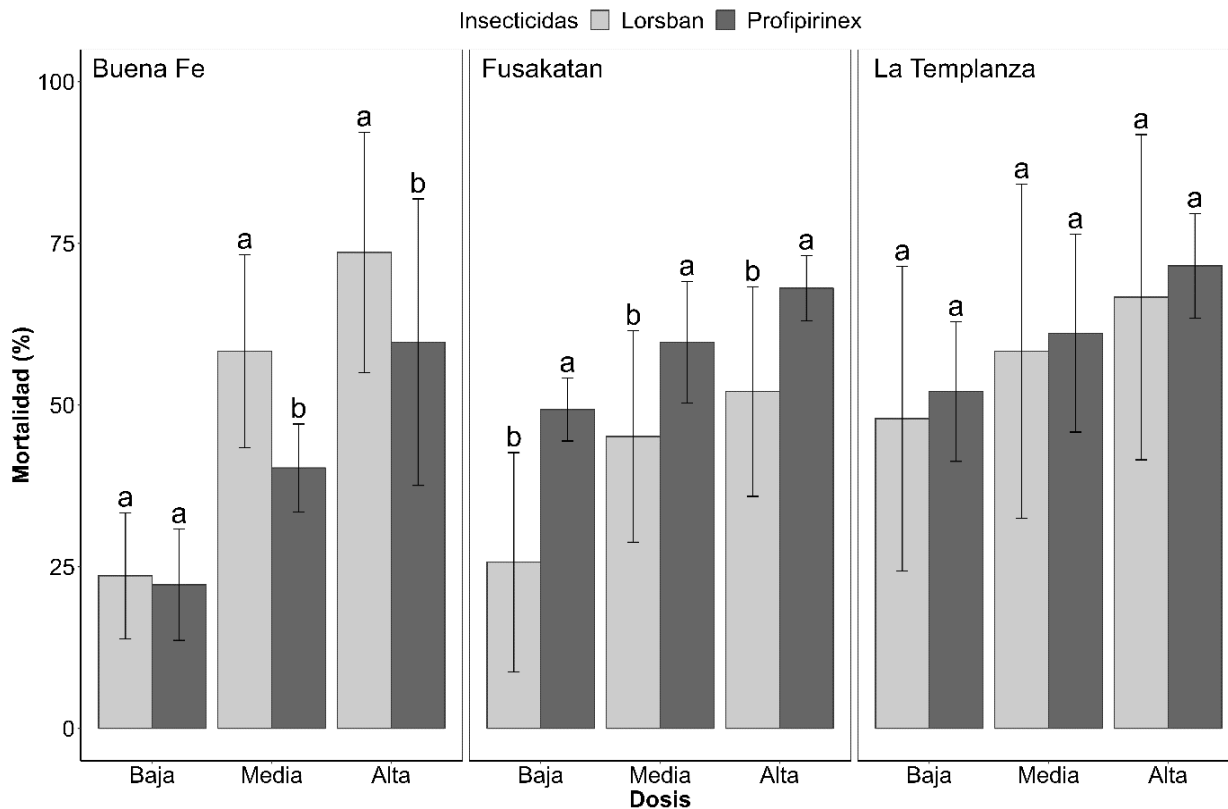
El gráfico de barras en la Figura 12 muestra el porcentaje de mortalidad de diferentes poblaciones de *S. frugiperda* por el efecto de los insecticidas Lorsban y ProfiPyrinex a dosis baja, media y alta. En Buena Fe, con la dosis baja no se observaron diferencias significativas ($x^2 = 0,08$; $df = 1$; $P = 0,779$) entre el porcentaje de mortalidad de Lorsban (23,61 %) y ProfiPyrinex (22,22 %); con la dosis media de Lorsban (58,33 %) y ProfiPyrinex (40,28 %) sí se observaron diferencias significativas ($x^2 = 9,39$; $df = 1$; $P = 0,002$); por último, con la dosis alta de Lorsban (73,61 %) y ProfiPyrinex (59,72 %) también se observaron diferencias significativas ($x^2 = 6,25$; $df = 1$; $P = 0,012$).

En Fusakatan se observó que con la dosis baja el porcentaje de mortalidad de Lorsban (25,69 %) y ProfiPyrinex (49,30 %) presentan diferencias significativas ($x^2 = 17,13$; $df = 1$; $P < 0,0001$); con la dosis media los porcentajes de mortalidad de Lorsban (45,14 %) y ProfiPyrinex (59,72 %) también fueron diferentes ($x^2 = 6,13$; $df = 1$; $P = 0,013$); y por último, con la dosis alta de Lorsban (52,08 %) y ProfiPyrinex (68,05 %) también se observaron diferencias significativas ($x^2 = 7,66$; $df = 1$; $P = 0,006$).

En La Templanza con la dosis baja no se observaron diferencias significativas ($x^2 = 0,5$; $df = 1$; $P = 0,479$) entre el porcentaje de mortalidad de Lorsban (47,92 %) y ProfiPyrinex (52,08 %); mientras que con la dosis media entre el porcentaje de mortalidad de Lorsban (58,33 %) y ProfiPyrinex (61,11 %) se observó que son iguales significativamente ($x^2 = 0,23$; $df = 1$; $P = 0,631$); y finalmente, con la dosis alta entre el porcentaje de mortalidad de Lorsban (66,67 %) y ProfiPyrinex (71,53 %) se observó que también fueron iguales significativamente ($x^2 = 0,80$; $df = 1$; $P = 0,372$).

Figura 12

*Mortalidad de diferentes poblaciones de larvas de *S. frugiperda* a diferentes dosis (baja, media y alta) de los insecticidas Lorsban y ProfiPyrinex*



Grupo de barras ($\pm ds$) con letras iguales no difieren significativamente, Tukey ($p > 0,05$); $ds =$ desviación estándar

4.2. Discusión

Cortez, E. y Valenzuela, F. (47), observaron que el insecticida convencional Clorpirifos (Lorsban® a 1 y 0,5 lt ha⁻¹) tiene una eficiencia aceptable con un porcentaje de mortalidad de 70 y 80 %, respectivamente, 48 horas después de asperjado, pero que a las 144 h se redujo a menos del 60 %. De acuerdo con esto, el porcentaje de mortalidad que obtuvieron a las 48 horas con Lorsban a 1 lt ha⁻¹ (70 %) y 0,5 lt ha⁻¹ (80 %) difiere con los obtenidos en la presente investigación, pero a las 96 h en condiciones de laboratorio, utilizando las dosis recomendadas por el fabricante de 1000 ml ha⁻¹ (53,94 %) y 500 ml ha⁻¹ (32,41 %) (Figura 2), lo que indica que existen diferentes razones por las que la mortalidad puede disminuir a medida que pasa el tiempo después de la aplicación y se vuelve necesario evaluar el tiempo de mortalidad debido a que la eficiencia de un insecticida puede reducirse por factores como la resistencia, la eliminación ambiental (puede ser degradado o eliminado por factores ambientales como la luz solar, la lluvia o los microorganismos del suelo) y la recuperación de la población de insectos. Además, es importante considerar estos factores al planificar estrategias de control de plagas y aplicar los insecticidas de manera oportuna para maximizar su eficiencia.

En una investigación realizada en Managua, Nicaragua sobre el “Efecto de dosis mínima del insecticida Chlorpyrifos sobre mortalidad del gusano cogollero *Spodoptera frugiperda* (J. E. Smith) (Lepidóptera, Noctuidae) en maíz (*Zea mays*) en campo y laboratorio” por Pérez, L. (46) se realizaron dos bioensayos, con 10 larvas por placas petri alimentadas con hojas de maíz, con seis niveles de tratamiento: 1 lt (dosis recomendada); 0,5 lt (dosis recomendada); 0,25 lt; 0,125 lt; 0,0625 lt y testigo (sin aplicación), el primer bioensayo se realizó en larvas de II estadio y se observó durante tres días (72 h), al igual que el segundo bioensayo con la diferencia que se utilizaron larvas de IV estadio; donde los resultados del bioensayo I al primer día con la dosis de 0,125 lt tuvo un efecto significativo con una mortalidad del 100 %, mientras que a los dos días también muestra un efecto significativo para todas las dosis; los resultados del bioensayo II demostraron que existen diferencias significativas en el primer día con la dosis de 0,125 lt con un 80 % de mortalidad en larvas de IV instar, habiendo diferencias entre dosis. Esto indica que utilizando una dosis baja de 0,125 lt se puede obtener un alto porcentaje de mortalidad y no depende de la edad de las larvas, ya que actuó sobre larvas de segundo y cuarto estadio. Los resultados de la investigación de Pérez, L. difieren con los obtenidos en esta investigación ya que utilizando una dosis baja de 400 ml ha⁻¹ (incluso más alta que 0,125 lt) tan solo se obtuvo una mortalidad de 41,20 %, por lo tanto,

para los productores se vuelve necesario aumentar la dosis del mismo insecticida para alcanzar un porcentaje de mortalidad mayor como el obtenido con la dosis de 1000 ml ha⁻¹ (66,43 %) que supera la dosis recomendada por el fabricante de 700 ml ha⁻¹ (Figura 6). Estos resultados se deben tener en cuenta al momento de aplicar el insecticida debido a que ya no tienen la misma eficiencia en la actualidad como lo demostraron trabajos previos sobre clorpirifos.

Una investigación realizada por Guevara, A., C. (48) utilizando 300 ml de Lorsban + 80 kg de Arena demostró que su eficacia fue del 78,25 % a los 3 días después de la aplicación (DDA), siendo superior a los resultados obtenidos con bioinsecticidas agroecológicos, en evaluaciones que se realizaron a los 3, 6, 9, 12, 15, 18, 21 y 28 DDA. La eficacia obtenida del insecticida a los 3 DDA (72 horas) en la investigación de Guevara, C., discrepa totalmente del obtenido en esta investigación, ya que con una dosis baja de 500 ml ha⁻¹ + 0,1 % (v/v) del surfactante Triton[®] solo se obtuvo una mortalidad de 32,41 % a las 96 horas (4 días), aunque se debe tener en cuenta que Guevara, A., C. mezcló Lorsban + Arena para ayuda a retener el insecticida en el área de tratamiento, lo que significa que se puede aplicar la cantidad correcta del producto en áreas donde se necesita, minimizando el desperdicio y reduciendo el costo del tratamiento, y por otra parte, también realizó evaluaciones a las 72 horas; mientras que con el surfactante Triton[®] + Lorsban se busca reducir la tensión superficial del agua y, por lo tanto, mejorar la capacidad de humectación del líquido sobre la superficie de la dieta artificial (ya que el ensayo se llevó a cabo en condiciones de laboratorio), tal como sería en la superficie de la planta. Esto permite que el insecticida pueda adherirse mejor, penetrar en los tejidos y cubrir más uniformemente toda la planta, incluyendo hojas, tallos y flores. Al igual que indica Guevara, A., C., la mezcla de insecticidas con arena o surfactante mejora la eficacia del tratamiento para tener una mejor protección contra plagas y enfermedades. Es necesario seguir las recomendaciones de uso del fabricante si se va a mezclar el insecticida, ya sea con arena o surfactante, debido a que la cantidad de estos adherentes dependen de factores como el tipo de cultivo, de plagas, de insecticida y concentración del surfactante.

Información proporcionada por la investigación de Zambrano, E., & Limongi, R. (49), revela los niveles de incidencia de *S. frugiperda* en diferentes provincias del Ecuador. Se reporta una incidencia del 45 % en Los Ríos, 31 % en Guayas y 48 % en Manabí, se observó que el porcentaje de daño ocasionado por el insecto-plaga alcanzó hasta un 20 % en un rango que va desde el 88,5 al 99,6 % de plantas afectadas. Aunque estos resultados se consideran

normales para la época y las zonas estudiadas, es importante tener en cuenta esta información para establecer medidas de control y prevenir posibles impactos negativos en el rendimiento de los cultivos.

En la presente investigación, también se evaluó el porcentaje de mortalidad de la plaga en dos localidades de la provincia de Los Ríos (Buena Fe y La Templanza) y en una de Esmeraldas (La Unión). El insecticida Lorsban con dosis alta obtuvo un porcentaje de mortalidad del 73,61 % y ProfiPyrinex obtuvo un 59,72 % en Buena Fe, mientras que en la Templanza con dosis alta se obtuvo un 66,67 y 71,53 % respectivamente (Figura 12). Al observar los valores poblacionales generales (Figura 10), se evidencia que, en Buena Fe, Lorsban logró un 51,85 %, mientras que ProfiPyrinex alcanzó un 40,74 % lo que indica que estos productos difieren en su eficacia por poblaciones. En La Templanza se observó que la mortalidad fue 57,64 % para Lorsban y del 61,57 % para ProfiPyrinex, siendo iguales estadísticamente. Los datos sugieren que en estas poblaciones se puede controlar la incidencia de plagas con las formulaciones comerciales de clorpirifos ya que las larvas de cogollero todavía no muestran una resistencia significativa sobre estos insecticidas. Sin embargo, es importante considerar que la resistencia de larvas de cogollero puede aumentar debido al uso excesivo de productos como Lorsban o ProfiPyrinex. Por lo tanto, es recomendable cambiar el modo de acción utilizado para evitar que la resistencia se desarrolle por completo. Este enfoque ayudará a garantizar un control eficaz del insecto-plaga y a evitar problemas futuros relacionados con la resistencia.

CAPÍTULO V
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1. Conclusiones

- Utilizando Lorsban y ProfiPyrinex no se encontraron diferencias significativas ya que ambas poseen un porcentaje de mortalidad del 50,15 y 53,78 % respectivamente, es decir, son iguales estadísticamente. Tomando en cuenta lo anterior y lo expuesto en otras investigaciones realizadas con clorpirifos, se puede demostrar que utilizando el mismo modo de acción sobre el mismo blanco biológico repetidas ocasiones solo aumentará la resistencia del insecto.
- Las dosis recomendadas por el fabricante siempre se deben considerar porque son parte fundamental para los buenos resultados en los cultivos, tal como lo muestra la presente investigación e investigaciones de otros autores, si bien se utilizaron dosis por encima de las recomendadas, los resultados solo mostraron una leve diferencia utilizando la dosis alta y recomendada de ProfiPyrinex, mientras que con Lorsban no hubo diferencias significativas con la dosis alta y la recomendada.

5.2. Recomendaciones

- Para el tiempo de mortalidad solo se realizó una evaluación a las 96 horas, mientras que otras investigaciones demuestran la importancia de hacerlo cada 24 h hasta un rango de 144 h, ya que la observación en el tiempo de aplicación indica que la eficiencia del insecticida puede reducirse debido a factores como la resistencia, la eliminación ambiental y la recuperación de la población de insectos. Es importante considerar estos factores para la planificación de estrategias de control de plagas y aplicar los insecticidas de manera oportuna.
- Se vuelve necesario rotar estos productos o cambiar el modo de acción, a pesar de que en algunas poblaciones con la dosis recomendada de los productos se obtuvieron resultados mayores a 60 %, incluso 70 % lo que solo demuestra una tendencia a la baja en la eficiencia para estos insecticidas, y estos sugiere una posible resistencia del gusano cogollero.

CAPÍTULO VI
BIBLIOGRAFÍA

6.1. Referencias bibliográficas

1. Vélez M, Betancourt C, Mendoza J. Evaluación de diferentes momentos de aplicación de insecticida Metomil 90% para el control del gusano cogollero (*Spodoptera frugiperda*) en el cultivo de maíz. *Cienc Tecn UTEQ*. 2021; 14(2).
2. Ríos-Díez J, Saldamando-Benjumea C. Susceptibility of *Spodoptera frugiperda* (Lepidoptera: Noctuidae). *Econ. Entomol*. 2011; 104(5).
3. Da Silva R. Monitoreo de la susceptibilidad de las poblaciones de *S. frugiperda* a los insecticidas diamidas en Brasil. Tesis de maestría. Piracicaba: Facultad de Agricultura Luiz de Queiroz, Entomología.
4. BASF. Insecticide Mode of Action. Technical Training Manual. 2013.
5. GrupoSacsa. GRUPO SACSA. [Online].; 2015. Acceso 20 de 01 de 2023. Disponible en: <https://www.gruposacsa.com.mx/conozca-que-son-los-insecticidas/>.
6. CropLife. Manejo de resistencia. Segunda ed. Bruselas : CropLife International aisbl; 2017.
7. Casafe. Casafe. [Online]; 2016. Acceso 28 de 06 de 2022. Disponible en: <https://www.casafe.org/modo-accion-los-insecticidas/>.
8. IRAC. Clasificación del Modo de Acción de Insecticidas y Acaricidas IRAC. IRAC España. 2015; 7: p. 14-18.
9. Deras H. Guía técnica: El cultivo del maíz. primera ed. Sorto M, Menjívar N, Reyes L, editores.; s.f.
10. Doris B. SlideShare. [Online].; 2015. Acceso 28 de 06 de 2022. Disponible en: <https://es.slideshare.net/Dorisbb1/el-maz-54266352>.
11. InfoAgro. InfoAgro. [Online]; s.f. Acceso 28 de 06de 2022. Disponible en: <https://www.infoagro.com/herbaceos/cereales/maiz2.htm>.
12. Badii M, Garza V. Resistencia en insectos, plantas y microorganismos. *Cultura Científica y Tecnológica*. 2015; 18(4).

13. Reséndiz Z, López J, Estrada B, Osorio E, Pecina J, Mendoza MdC. Efectos genéticos de la resistencia a *Spodoptera frugiperda* en líneas de maíz. *Rev. Mex. Cienc. Agríc.* 2017; 8(6).
14. Intagri. El Monitoreo Herramienta Básica en Los Programas de MIP y MIE en Hortalizas. Fitosanidad. 2015.
15. Satorre E. Manejo de insectos en maíz. Rosario: Unidad de Investigación y Desarrollo AACREA, Agronomía.
16. Casmuz A, Juárez L, Socías G, Murúa G, Prieto S, Medina S, et al. Revisión de los hospederos del gusano cogollero del maíz. Artículo. Tucumán, Las Talitas: Estación Experimental Agroindustrial Obispo Colombres, Sección Zoológica Agrícola. ISSN.
17. Chango L. Control de gusano cogollero en el cultivo de maíz. Tesis de Ingeniería. Ambato: Universidad Técnica de Ambato, Facultad de Ingeniería Agronómica.
18. Villalobos V, Trujillo F, Ramírez F, Martínez G. Gusano Cogollero. Ficha técnica. Centro Nacional de Referencia Fitosanitaria, Dirección General de Sanidad Vegetal.
19. Reyes C. PANORAMAAGRO. [Online].; 2015. Acceso 26 de 06 de 2022. Disponible en: <https://panorama-agro.com/?p=505>.
20. González L. Alternativas de manejo integrado de plagas con insecticidas biológicos y botánicos. Tesis de Magister. Managua: Universidad Nacional Agraria, Protección Agrícola y Forestal.
21. Arias T. Resistencia de *Spodoptera frugiperda* a los insecticidas Spinosad y Lufenuron en el cultivo de espárrago. Tesis de Magister. Trujillo: Universidad Nacional de Trujillo, Unidad de posgrado en Ingeniería Química.
22. AdminAgtech. Agtech América. [Online]; 2019. Acceso 27 de 06 de 2022. Disponible en: <http://agtechamerica.com/>.
23. Benavides E. Factores que favorecen el desarrollo de la resistencia de artrópodos a pesticidas. Estrategias de control. En Quirós J, López G, editores. Epidemiología,

- diagnóstico y control de enfermedades parasitarias en Bovinos. Segunda ed. Medellín: Piloto S.A., Medellín; 1996. p. 51-61.
24. FAO. Directrices sobre la Prevención y Manejo de la resistencia a los plaguicidas. LA FAO. 2013;; p. 61.
 25. Bielza P. Phytoma. [Online]; 2005. Acceso 27 de 06de 2022. Disponible en: <https://www.phytoma.com/la-revista/phytohemeroteca/173-noviembre-2005>.
 26. Lagunes-Tejada A, Rodríguez-Maciel C, De Loera-Barocio J. Susceptibility to insecticides in populations of mexican arthropods. *Agrociencia*. 2009; 43(2).
 27. Bisset J. Uso correcto de insecticidas: control de la resistencia. *MED TROP*. 2002; 54(3).
 28. ICA. Boletín de Epidemiología. Primera ed. Bogotá: PRODUMEDIOS; 2003.
 29. Orias M. Organophosphate poisoning. *Revista Médica Sinergia*. 2020; 5(8).
 30. Ponce G, Cantú P, Flores A, Badii M, Zapata R, López B. Modo de acción de los insecticidas. Informativo. Monterrey: Universidad Autónoma de Nuevo León, Facultad de Ciencias Biológicas, Facultad de Salud Pública y Nutrición.
 31. Pino A, Brezmes M. Intoxicación por organofosforados. *Protoc. diagn. ter. pediatr*. 2021; 1.
 32. Restrepo M, Guerrero E. Plaguicidas organofosforados. *Acta Médica Colombia*. 1979; 4(1).
 33. Solano E. Monitoreo de Plaguicidas en Tomate para consumo en fresco comercializado en la ciudad de Guatemala. Tesis de Ingeniería. Guatemala: Universidad de San Carlos de Guatemala, Dirección General de Investigación.
 34. ATSDR. Clorpirifos. Agencia para Sustancias Tóxicas y el Registro de Enfermedades. 1997.
 35. AgroScience D. Lorsban Advanced (Clorpirifos etil). Ficha Técnica: Insecticidas. 2014.
 36. ADAMA ANDINA. ProfiPyrinex. Ficha Técnica. 2019.

37. Universidad Nacional (UNA). Clorpirifos. Manual de Plaguicidas de Centroamérica. s.f..
38. Nalin D. Biología, nutrición quantitativa e controle de qualidade de populações de *Spodoptera frugiperda* (J.E. Smith, 1797) – (Lepidoptera: Noctuidae) em duas dietas artificiais. Tesis doctoral. São Paulo: Universidade de São Paulo, Escuela Superior de Agronomía "Luiz de Queiroz".
39. IRAC. IRAC Susceptibility Test Methods Series. Insecticide Resistance Action Committee (IRAC). 2011; 3.
40. Demétrio C, De Andrade R, Hinde J. Models for Overdispersed Data in Entomology BT. En Ferreira C, Godoy W, editores. Ecological Modelling Applied to Entomology.: Springer International Publishing; 2014. p. 219-259.
41. Moral R, Hinde J, Demétrio C. Half-Normal Plots and Overdispersed Models in R: The hnp Package. Journal of Statistical Software. 2017; 81(10): p. 1-23.
42. Hothorn T, Bretz F, Westfall P. Simultaneous Inference in General Parametric Models. Biometrical Journal. 2008; 50(3).
43. Zar J. Biostatistical Analysis (5th ed.). 5th ed. Upper Saddle: Prentice-Hall/Pearson; 2010.
44. R Core Team. R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing. [Online]; 2022. Disponible en: <https://www.r-project.org/>.
45. Werner P. Manual for field trials in plant protection. 2nd ed.: Ciba-Geigy, Ltd.; 1981.
46. Pérez LdC. Efecto de dosis mínima del insecticida Chlorpyrifos sobre mortalidad del gusano cogollero *Spodoptera frugiperda* (J. E. Smith) (Lepidóptera, Noctuidae) en maíz (*Zea mays*) en el campo y el laboratorio. Tesis de Grado. Managua, Nicaragua: Instituto Superior de Ciencias Agropecuarias, Escuela de Sanidad Vegetal.
47. Cortez E, Valenzuela F. Efectividad de insecticidas novedosos al 100% y 50% de la dosis sobre gusano cogollero *Spodoptera frugiperda* (J.E. Smith) en maíz. Entomología Mexicana. 2011; 10: p. 488-492.

48. Guevara C. Manejo agroecológico del gusano cogollero (*Spodoptera frugiperda*) en el cultivo de maíz (*Zea mays*) en época seca en la zona de Mocache. Tesis de Grado. Mocache, Los Ríos: Universidad Técnica Estatal de Quevedo, Facultad de Ciencias Agrarias.
49. Zambrano E, Limongi R. ESTIMACIÓN DE LA INCIDENCIA DE PLAGAS Y ENFERMEDADES EN EL CULTIVO DE MAÍZ EN LAS PROVINCIAS DE LOS RÍOS, GUAYAS Y MANABÍ. Informativo. Portoviejo, Ecuador: INIAP, Agrocalidad.

CAPÍTULO VII
ANEXOS

7.1. Anexo 1. Imágenes de la investigación



Imagen 1 Colectas de larvas de cogollero en La Unión



Imagen 2 Colecta de larvas de cogollero en Buena Fe



Imagen 3 Colecta de larvas de cogollero en La Templanza



Imagen 4 Cría de mantenimiento de poblaciones de larvas de cogollero



Imagen 5 Fase de pupa de gusano cogollero



Imagen 6 Gusano cogollero en etapa adulta y reproductiva



Imagen 7 Huevecillos de gusano cogollero



Imagen 8 Colocación de dieta artificial en placas donde se colocarán larvas de III instar de gusano cogollero



Imagen 9 Micropipetas para la preparación de dosis de los insecticidas



Imagen 10 Preparación de las dosis del insecticida ProfiPyrinex



Imagen 11 Dosis baja, media y alta del insecticida ProfiPyrinex + Tritón



Imagen 12 Preparación de las dosis del insecticida Lorsban



Imagen 13 Dosis baja, media y alta de Lorsban + Tritón



Imagen 14 Selección de larvas de III instar de gusano cogollero



Imagen 15 Colocación de las dosis de insecticidas en placas acrílicas con dieta artificial



Imagen 16 Colocación de larvas de cogollero de III instar en celdas de placas acrílicas con sus respectivas dosis de insecticida

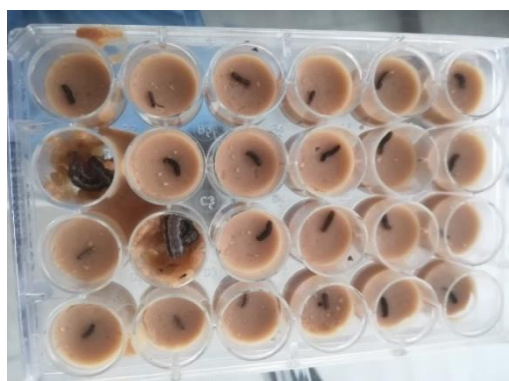


Imagen 17 Evaluación de mortalidad de larvas de cogollero a las 96 horas

7.2. Anexo 2. Tablas de los Análisis de Varianza

7.2.1. Tablas de porcentaje de mortalidad de Lorsban en larvas de gusano cogollero

Tabla 1

ANOVA de medias de dosis

Dosis	Proporciones	Medias de dosis			
		sd	se	ci	tukey/dosis
Control	2,083	3,572	0,842	1,776	c
500	32,407	20,087	4,734	9,989	b
1000	53,935	19,515	4,599	9,704	a
1500	64,120	21,204	4,997	10,544	a

Tabla 2

ANOVA de medias de población

Poblaciones	Proporciones	Medias de poblaciones			
		sd	se	ci	tukey/poblaciones
Buena Fe	39,236	31,395	6,408	13,257	a
Fusakatan	31,250	23,951	4,889	10,113	a
La Templanza	43,923	32,297	6,592	13,638	a

Tabla 3

ANOVA de media del producto

Producto	Media de producto			
	Proporciones	sd	se	ci
Lorsban	38,136	29,509	3,477	6,934

Tabla 4

ANOVA de medias de interacción entre poblaciones y dosis

Poblaciones	Dosis	Proporciones	sd	se	ci	tukey	
						Población	Dosis
						Buena Fe	Control
Buena Fe	500	23,611	9,742	3,977	10,223	b	a
Buena Fe	1000	58,333	14,907	6,085	15,644	a	a
Buena Fe	1500	73,611	18,571	7,581	19,489	a	a
Fusakatan	Control	2,083	3,486	1,423	3,658	c	a
Fusakatan	500	25,694	16,959	6,923	17,797	b	a
Fusakatan	1000	45,138	16,333	6,668	17,140	a	a
Fusakatan	1500	52,083	16,191	6,610	16,991	a	a
La Templanza	Control	2,777	5,046	2,060	5,295	b	a
La Templanza	500	47,916	23,533	9,607	24,696	a	a
La Templanza	1000	58,333	25,819	10,540	27,096	a	a
La Templanza	1500	66,666	25,138	10,262	26,381	a	a

7.2.2. *Tablas de porcentaje de mortalidad de ProfiPyrinex en larvas de gusano cogollero*

Tabla 5

ANOVA de medias de dosis

Dosis	Proporciones	Medias de dosis			
		sd	se	ci	tukey/dosis
Control	2,083	3,5728	0,842	1,776	d
400	41,203	15,971	3,764	7,942	c
700	53,703	14,283	3,366	7,103	b
1000	66,435	14,037	3,308	6,980	a

Tabla 6

ANOVA de medias de poblaciones

Poblaciones	Proporciones	Medias de poblaciones			
		sd	se	ci	tukey/poblaciones
Buena Fe	30,902	24,906	5,084	10,517	b
Fusakatan	44,791	26,700	5,450	11,274	ab
La Templanza	46,875	28,664	5,851	12,103	a

Tabla 7

ANOVA de media del producto

Producto	Proporciones	Media de producto		
		sd	se	ci
ProfiPyrinex	40,856	27,368	3,225	6,431

Tabla 8

ANOVA de medias de interacción entre poblaciones y dosis

Poblaciones	Dosis	Proporciones	sd	se	ci	tukey	
						Población	Dosis
						Buena Fe	Control
Buena Fe	400	22,222	8,606	3,513	9,032	c	b
Buena Fe	700	40,277	6,804	2,777	7,140	b	b
Buena Fe	1000	59,722	22,152	9,043	23,247	a	a
Fusakatan	Control	2,083	3,486	1,423	3,658	c	a
Fusakatan	400	49,305	4,871	1,988	5,111	b	a
Fusakatan	700	59,722	9,378	3,828	9,842	a	a
Fusakatan	1000	68,055	5,046	2,060	5,295	a	a
La Templanza	Control	2777	5,046	2,060	5,295	c	a
La Templanza	400	52,083	10,785	4,403	11,318	b	a
La Templanza	700	61,111	15,290	6,242	16,046	ab	a
La Templanza	1000	71,527	8,086	3,301	8,486	a	a

7.2.3. Tablas de comparación entre proporciones de Lorsban y ProfiPyrinex

Tabla 9

ANOVA de medias de dosis x productos

Medias de dosis x productos						
Dosis	Productos	Proporciones	sd	se	ci	tukey Dosis
500 (baja)	Lorsban	32,407	20,087	4,734	9,989	b
1000 (media)	Lorsban	53,935	19,515	4,599	9,704	a
1500 (alta)	Lorsban	64,120	21,204	4,997	10,544	a
400 (baja)	ProfiPyrinex	41,203	15,971	3,764	7,942	a
700 (media)	ProfiPyrinex	53,703	14,283	3,366	7,103	a
1000 (alta)	ProfiPyrinex	66,435	14,037	3,308	6,980	a

Tabla 10

ANOVA de medias de poblaciones x productos

Medias de poblaciones x productos						
Poblaciones	Productos	Proporciones	sd	se	ci	tukey
Buena Fe	Lorsban	51,851	25,654	6,046	12,757	a
Buena Fe	ProfiPyrinex	40,740	20,688	4,876	10,288	b
Fusakatan	Lorsban	40,972	19,293	4,547	9,594	b
Fusakatan	ProfiPyrinex	59,027	10,130	2,387	5,037	a
La Templanza	Lorsban	57,638	24,639	5,807	1,253	a
La Templanza	ProfiPyrinex	61,574	13,749	3,240	6,837	a

Tabla 11

ANOVA de medias de interacción entre poblaciones y productos

Medias de dosis entre poblaciones y productos						
Poblaciones	Productos	Proporciones	sd	se	ci	tukey
Buena Fe	Lorsban	23,611	9,742	3,977	10,223	a
Buena Fe	Lorsban	58,333	14,907	6,085	15,644	a
Buena Fe	Lorsban	73,611	18,571	7,581	19,489	a
Buena Fe	ProfiPyrinex	22,222	8,606	3,513	9,032	a
Buena Fe	ProfiPyrinex	40,277	6,804	2,777	7,140	b
Buena Fe	ProfiPyrinex	59,722	22,152	9,043	23,247	b
Fusakatan	Lorsban	25,694	16,959	6,923	17,797	b
Fusakatan	Lorsban	45,138	16,333	6,668	17,140	b
Fusakatan	Lorsban	52,083	16,191	6,610	16,991	b
Fusakatan	ProfiPyrinex	49,305	4,871	1,988	5,111	a
Fusakatan	ProfiPyrinex	59,722	9,378	3,828	9,842	a
Fusakatan	ProfiPyrinex	68,055	5,046	2,060	5,295	a
La Templanza	Lorsban	47,916	23,533	9,607	24,696	a
La Templanza	Lorsban	58,333	25,819	10,540	27,096	a
La Templanza	Lorsban	66,666	25,138	10,262	26,381	a
La Templanza	ProfiPyrinex	52,083	10,785	4,403	11,318	a
La Templanza	ProfiPyrinex	61,111	15,290	6,242	16,046	a
La Templanza	ProfiPyrinex	71,527	8,086	3,301	8,486	a

Tabla 12*ANOVA de media de los productos*

Producto	Media de productos				
	Proporciones	sd	se	ci	tukey
Lorsban	50,154	23,955	3,259	6,538	a
ProfiPyrinex	53,780	17,848	2,428	4,871	a