



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

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

Título del Proyecto de Investigación

“EFICACIA DE DIFERENTES INSECTICIDAS COMERCIALES PARA EL
CONTROL DE *Dalbulus maidis* EN EL CULTIVO DE MAÍZ (*Zea mays* L.)”

Autor:

Cesar Sebastián Borja Freile

Directora del Proyecto de Investigación:

Dra. Mayra Carolina Vélez Ruiz

Mocache – Los Ríos – Ecuador

2023

DECLARACIÓN DE AUTORÍA Y CESIÓN DE DERECHOS

Yo, **Cesar Sebastián Borja Freile**, 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 trabajo, según lo establecido por la Ley de Propiedad Intelectual, por su Reglamento y por la normativa institucional vigente.

f. _____

Cesar Sebastián Borja Freile

C.C. # 1250124458

Autor

CERTIFICACIÓN DE CULMINACIÓN DEL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN

El suscrito(a) **Ing. Mayra Carolina Vélez Ruiz, PhD.**, Docente de la Universidad Técnica Estatal de Quevedo, certifica que la estudiante **Cesar Sebastián Borja Freile**, realizó el Proyecto de Investigación titulado “**Eficacia de diferentes insecticidas comerciales para el control de *Dalbulus maidis* en el cultivo de maíz (*Zea mays* L.)**”, previo a la obtención del título de Ingeniero Agrónomo, bajo mi dirección, habiendo cumplido con las disposiciones reglamentarias establecidas para el efecto.

f. _____

Ing. Mayra Carolina Vélez Ruiz, PhD.

Directora del Proyecto de Investigación

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

El suscrito(a) **Ing. Mayra Carolina Vélez Ruiz, PhD.**, Docente de la Universidad Técnica Estatal de Quevedo, en calidad de Director del Proyecto de Investigación titulado “**Eficacia de diferentes insecticidas comerciales para el control de *Dalbulus maidis* en el cultivo de maíz (*Zea mays* L.)**”, perteneciente al estudiante de la carrera de Agronomía **Cesar Sebastián Borja Freile**, **CERTIFICA:** el cumplimiento de los parámetros establecidos por el SENESCYT, y se evidencia el reporte de la herramienta de prevención de coincidencia y/o plagio académico (URKUND) con un porcentaje de coincidencia del 4%.

Document Information

Analyzed document	Tesis_Borja_Cesar_Urkund.docx (D169823266)
Submitted	6/6/2023 6:22:00 AM
Submitted by	
Submitter email	mvelez@uteq.edu.ec
Similarity	4%
Analysis address	mvelez.uteq@analysis.arkund.com

f. _____

Ing. Mayra Carolina Vélez Ruiz, PhD.
Directora del Proyecto de Investigación



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

PROYECTO DE INVESTIGACIÓN

Título:

“Eficacia de diferentes insecticidas comerciales para el control de *Dalbulus maidis* en el cultivo de maíz (*Zea mays* L.)”

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

Aprobado por:

Ing. Moisés Menacé Almea MSc.
Presidente del Tribunal

Ing. Erick Eguez Enriquez MSc.
Miembro del Tribunal

Ing. Freddy Sabando Avila MSc.
Miembro del Tribunal

Mocache – Los Ríos – Ecuador

2023

AGRADECIMIENTO

A mi padre Cesar Borja y mi abuela Teresa Torres, a quienes amo mucho y agradezco que hayan sido pilares bases en mi formación como persona.

A mi tía Letty Borja y mi primo Víctor Montero, a quienes admiro y amo mucho, y cuyas enseñanzas me han sido cruciales para modelar la mejor versión de mi persona.

A mi directora de proyecto de investigación, la Dra. Mayra Carolina Vélez, a quien admiro y estimo mucho, le estoy muy agradecido por su apoyo, su paciencia, por ilustrarme con sus conocimientos y sobre todo por brindarme su amistad.

A mi amigo y pronto colega John Jairo Macay, cuya presencia en este recorrido de formación profesional fue indispensable y de alborozo.

Al Ing. Karl Halef y el Ing. Fernando Jines representantes de la empresa BASF S.A., quienes me brindaron la oportunidad y la confianza de poder ser partícipe en esta investigación.

Cesar Sebastián Borja Freile

DEDICATORIA

A mi madre Patricia Freile, quien cuya realidad se le fue distorsionada.

Cesar Sebastián Borja Freile

RESUMEN

La cigarrita del maíz (*Dalbulus maidis*) es un insecto que se alimenta de la savia de las plantas de maíz y otras gramíneas, además, es un importante vector de enfermedades. Una de las enfermedades que puede causar pérdidas económicas del 60% al 80% es conocida como cinta roja y es provocada por un espiroplasma (*Spiroplasma kunkelii*). Existen varios insecticidas sintéticos disponibles en el mercado para el control de plagas, pero muy pocos especifican la dosis y producto adecuado para el control de *D. maidis*. Por este motivo el objetivo de la presente investigación fue evaluar la eficiencia de diferentes insecticidas comerciales para el control de *D. maidis* en el cultivo de maíz (*Zea mays* L.). El ensayo se realizó en el Campus Experimental “La María” perteneciente a la Universidad Técnica Estatal de Quevedo. Se estableció un diseño de bloques completos a azar con tres bloques y doce tratamientos. De acuerdo a los resultados obtenidos; los insecticidas Acetalaq, Agresor, Fidelity, Fastac Duo, Engeo, Imunit y Sparko modificaron la fluctuación poblacional de *D. maidis*. El insecticida Fastac Duo (0,45 cc/L +Dash MSO Max 0,32 cc/L) y el insecticida Imunit (0,51 cc/L + Dash MSO Max 0,38 cc/L) alcanzaron el mayor porcentaje de eficacia en el control de *D. maidis* en la primera y segunda aplicación de insecticidas en el cultivo de maíz con 62,6% y 72,2% respectivamente y el rendimiento del cultivo de maíz fue similar entre los tratamientos evaluados con resultados que se encuentran entre 2947,92 kg/ha y 3822,22 kg/ha.

Palabras clave: control, neonicotinoides, piretroides, *Spiroplasma kunkelii*.

ABSTRACT

The maize leafhopper (*Dalbulus maidis*) is an insect that feeds on the sap of maize plants and other grasses, it is an important vector of diseases. One of the diseases that can cause economic losses of 60% to 80% is known as corn stunt which is caused by a spiroplasma (*Spiroplasma kunkelii*). Although there are various synthetic insecticides available on the market for pest control, very few specify the proper dosage and product for the control of *D. maidis*. Therefore, the objective of this research was to evaluate the efficiency of different commercial insecticides for the control of *D. maidis* in maize (*Zea mays* L.). The experiments were conducted at the Experimental Campus "La María" which belongs to Universidad Técnica Estatal de Quevedo. A randomized complete block design was used with three blocks and twelve treatments. Based on the obtained results; the insecticides Acetalaq, Aggressor, Fidelity, Fastac Duo, Engeo, Imunit and Sparko modified the population fluctuation of *D. maidis*. The Fastac Duo insecticide (0.45 cc/L + Dash MSO Max 0.32 cc/L) and the Imunit insecticide (0.51 cc/L + Dash MSO Max 0.38 cc/L) achieved the highest percentage of efficacy in the control of *D. maidis* in the first and second insecticides application in the maize crop with 62.6% and 72.2% respectively. The yield of the maize crop was similar among the evaluated treatments with results that are between 2947, 92 kg/ha and 3822.22 kg/ha.

Keywords: control, neonicotinoids, pyrethroids, *Spiroplasma kunkelii*.

TABLA DE CONTENIDO

Portada.....	i
Declaración de autoría y cesión de derechos.....	ii
Certificación de culminación del proyecto de investigación.....	iii
Reporte de la herramienta de prevención de coincidencia y/o plagio académico.....	iv
Certificación de aprobación por tribunal de sustentación	v
Agradecimiento	vi
Dedicatória.....	vii
Resumen	viii
Abstract.....	ix
Tabla de Contenido.....	x
Código Dublín	xvii
INTRODUCCIÓN.....	1
CAPÍTULO I. CONTEXTUALIZACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN.....	3
1.1. Planteamiento del Problema	4
1.2. Justificación	6
1.3. Objetivos.....	8
1.3.1. <i>Objetivo General</i>	8
1.3.2. <i>Objetivos Específicos</i>	8
CAPÍTULO II. FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA DE LA INVESTIGACIÓN	9
2.1. Marco Conceptual.....	10
2.1.1. <i>Insecto Vector</i>	10
2.1.2. <i>Insecticida</i>	10
2.1.3. <i>Resistencia</i>	10
2.2. Marco Referencial	11
2.2.1. <i>El Maíz (Zea mays)</i>	11
2.2.1.1. Origen.....	11
2.2.1.2. El Maíz en el Ecuador.	12
2.2.2. <i>Clasificación Taxonómica</i>	13
2.2.3. <i>Características Botánicas</i>	13
2.2.3.1. Raíces.	14
2.2.3.2. Tallo.	14

2.2.3.3.	Hojas.....	14
2.2.3.4.	Flores.....	15
2.2.3.5.	Fruto.....	15
2.2.4.	<i>Requerimientos del Cultivo de Maíz</i>	15
2.2.4.1.	Clima.....	15
2.2.4.2.	Suelo.....	16
2.2.4.3.	Agua.....	16
2.2.5.	<i>Enfermedades y Plagas del Cultivo de Maíz</i>	17
2.2.5.1.	Cinta Roja.....	17
2.2.5.2.	<i>Spiroplasma kunkelii</i>	18
2.2.5.2.1.	Clasificación Taxonómica.....	18
2.2.5.2.2.	Proceso infeccioso de <i>Spiroplasma kunkelii</i> en <i>Zea mays</i>	19
2.2.5.2.3.	Epidemiología.....	19
2.2.5.2.4.	Control Preventivo.....	20
2.2.5.3.	<i>Dalbulus maidis</i>	20
2.2.5.3.1.	Importancia del Insecto vector <i>Dalbulus maidis</i>	21
2.2.5.3.2.	Ciclo biológico.	21
2.2.5.3.3.	Comportamiento de <i>Dalbulus maidis</i>	22
2.2.5.3.4.	Distribución de <i>Dalbulus maidis</i>	22
2.2.5.3.5.	Métodos de Control.	23
2.2.6.	<i>Subgrupos Químicos Insecticidas</i>	26
2.2.6.1.	Neonicotinoides.....	26
2.2.6.2.	Piretroides.....	28
2.2.6.3.	Benzoilureas.....	30
2.2.6.4.	Spinosines.....	32
2.2.6.5.	Sulfoximinas.....	34
2.2.7.	<i>Insecticidas: Panorama Actual</i>	35
CAPÍTULO III. METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN.....		36
3.1.	Localización de la Investigación	37
3.2.	Tipo de Investigación	37
3.3.	Métodos de Investigación.....	37
3.4.	Fuentes de Recopilación de la Información	38
3.5.	Diseño de la Investigación.....	38

3.5.1.	<i>Factores de estudio</i>	38
3.5.2.	<i>Tratamientos Evaluados</i>	38
3.5.3.	<i>Diseño del Experimento</i>	39
3.5.4.	<i>Esquema del experimento</i>	40
3.6.	Instrumentos de Investigación	40
3.6.1.	<i>Manejo del Experimento</i>	40
3.6.1.1.	Preparación del Suelo.....	40
3.6.1.2.	Siembra.....	41
3.6.1.3.	Raleo.....	41
3.6.1.4.	Control de Malezas.....	41
3.6.1.5.	Días de Aplicación de los Insecticidas.....	41
3.6.1.6.	Riego.	41
3.6.1.7.	Fertilización.....	42
3.6.2.	<i>Variables a Tomar y Formas de Evaluación</i>	42
3.6.2.1.	Fluctuación Poblacional de <i>D. maidis</i>	42
3.6.2.1.1.	Número de Insectos Totales por Tratamiento.....	42
3.6.2.2.	Porcentaje de Eficacia de los Insecticidas.....	43
3.6.2.3.	Porcentaje de Incidencia de CSS.....	43
3.6.2.4.	Variables Agronómicas y Productivas.	43
3.6.2.4.1.	Altura de Planta (m).	43
3.6.2.4.2.	Diámetro del Tallo (cm).	44
3.6.2.4.3.	Longitud de la Mazorca (cm).	44
3.6.2.4.4.	Diámetro de la Mazorca (cm).....	44
3.6.2.4.5.	Rendimiento del Grano (Tm/ha).....	44
3.7.	Tratamiento de los Datos	44
3.8.	Recursos Humanos y Materiales	45
3.8.1.	<i>Recursos Humanos</i>	45
3.8.2.	<i>Material de Campo</i>	45
3.8.3.	<i>Material Vegetal</i>	45
3.8.4.	<i>Insumos Químicos</i>	46
CAPÍTULO IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN		47
4.1.	Resultados.....	48
4.1.1.	<i>Fluctuación Poblacional de D. maidis</i>	48

4.1.1.1.	Número de Insectos Totales por Tratamiento.	49
4.1.2.	<i>Porcentaje de eficacia de los insecticidas</i>	50
4.1.3.	<i>Porcentaje de incidencia de CSS</i>	52
4.1.4.	<i>Variables Agronómicas y productivas</i>	52
4.1.4.1.	Altura de planta (m).	53
4.1.4.2.	Diámetro de planta (cm).	53
4.1.4.3.	Longitud de mazorca (cm).	53
4.1.4.4.	Diámetro de mazorca (cm).	54
4.1.4.5.	Rendimiento kg/ha.	54
4.2.	Discusión	59
CAPÍTULO V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES		62
5.1.	Conclusiones.....	64
5.2.	Recomendaciones	65
CAPÍTULO VI. BIBLIOGRAFÍA		66
6.1.	Bibliografía.....	67
CAPÍTULO VII. ANEXOS		81
7.1.	Anexos	82

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Características agroclimáticas de la Finca Experimental	37
Tabla 2. Tratamientos utilizados en la investigación	39
Tabla 3. ADEVA a utilizarse en el experimento	40
Tabla 4. Características de las unidades experimentales	40
Tabla 5. Número total de especímenes de <i>D. maidis</i> muestreados por tratamiento.	49
Tabla 6. Porcentaje de incidencia por CSS en plantas de maíz, 90 días después de la siembra.....	52
Tabla 7. Características agronómicas y productivas del cultivo de maíz expuesto a diferentes tratamientos para el control de <i>Dalbulus maidis</i>	55

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Acetamiprid.....	27
Figura 2. Imidacloprid.....	27
Figura 3. Tiametoxam	28
Figura 4. Alfa-cipermetrin.....	30
Figura 5. Lambda-cihalotrin.....	30
Figura 6. Teflubenzuron	32
Figura 7. Spinetoram	33
Figura 8. Sulfoxaflor	35
Figura 9. Variación de la fluctuación poblacional de <i>Dalbulus maidis</i> respecto a la fenología V(n) y tratamientos aplicados a los 7, 10, 17, 24, 31, 38, 45, 52, 56 y 59 días después de la siembra (dds) en el cultivo de maíz (<i>Zea mays</i> L.).	48
Figura 10. Porcentaje de eficacia de los tratamientos evaluados en la primera aplicación de los tratamientos a los 21 días después de la siembra contra <i>Dalbulus maidis</i> en el cultivo de maíz.....	50
Figura 11. Porcentaje de eficacia de los tratamientos evaluados en la segunda aplicación a los 42 días después de la siembra contra <i>Dalbulus maidis</i> en el cultivo de maíz.	51

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo A. Identificación y delimitación del sitio del experimento.....	82
Anexo B. Siembra: a) Semillas del híbrido “Emblema” b) Realización de la siembra.	82
Anexo C. Riego: a) Establecimiento de la torre y el aspersor tipo cañón b) Aplicación de riego.....	83
Anexo D. Toma de datos de la presencia del insecto <i>Dalbulus maidis</i>	83
Anexo E. Identificación de <i>Dalbulus maidis</i> en el cogollo de la planta.	84
Anexo F. Presencia de dos especímenes de <i>Dalbulus maidis</i> copulando.	84
Anexo G. Preparación de las combinaciones insecticidas: a) Insecticidas y herramientas para la dosificación de los tratamientos b) Estudiante y asesores de la empresa BASF encargados del proyecto investigativo.....	85
Anexo H. Toma de datos sobre las características de las mazorcas cosechadas.....	85
Anexo I. Toma de datos sobre el peso del grano de las 30 mazorcas.	86
Anexo J. Presencia de hojas con franjas rojizas, síntoma característico de cinta roja.....	86
Anexo K. Análisis de varianza del número total de especímenes de <i>D. maidis</i> muestreados por tratamiento.	87
Anexo L. Análisis de varianza del porcentaje de eficacia de la primera aplicación de los tratamientos insecticidas.	87
Anexo M. Análisis de varianza del porcentaje de eficacia de la segunda aplicación de los tratamientos insecticidas.	87
Anexo N. Análisis de varianza del porcentaje de incidencia por CSS en plantas de maíz .	87
Anexo O. Análisis de varianza de la altura de la planta a los 60 DDS	88
Anexo P. Análisis de varianza del diámetro de la planta a los 60 DDS	88
Anexo Q. Análisis de varianza de la longitud de la mazorca.....	88
Anexo R. Análisis de varianza del diámetro de la mazorca.....	88
Anexo S. Análisis de varianza del rendimiento productivo	89

CÓDIGO DUBLÍN

Título:	“Eficacia de diferentes insecticidas comerciales para el control de <i>Dalbulus maidis</i> en el cultivo de maíz (<i>Zea mays</i> L.)”				
Autor:	<u>Borja Freile, Cesar Sebastián</u>				
Palabras clave:	control	neonicotinoides	piretroides	<i>Spiroplasma kunkelii</i>	
Fecha de publicación:					
Editorial:					
Resumen:	Resumen .- La cigarrita del maíz (<i>Dalbulus maidis</i>) es un insecto que se alimenta de la savia de las plantas de maíz y otras gramíneas, además, es un importante vector de enfermedades. Una de las enfermedades que puede causar pérdidas económicas del 60% al 80% es conocida como cinta roja y es provocada por un espiroplasma (<i>Spiroplasma kunkelii</i>). Existen varios insecticidas sintéticos disponibles en el mercado para el control de plagas, pero muy pocos especifican la dosis y producto adecuado para el control de <i>D. maidis</i>. Por este motivo el objetivo de la presente investigación fue evaluar la eficiencia de diferentes insecticidas comerciales para el control de <i>D. maidis</i> en el cultivo de maíz (<i>Zea mays</i> L.). (...). Abstract .- The maize leafhopper (<i>Dalbulus maidis</i>) is an insect that feeds on the sap of maize plants and other grasses, it is an important vector of diseases. One of the diseases that can cause economic losses of 60% to 80% is known as corn stunt which is caused by a spiroplasma (<i>Spiroplasma kunkelii</i>). Although there are various synthetic insecticides available on the market for pest control, very few specify the proper dosage and product for the control of <i>D. maidis</i>. Therefore, the objective of this research was to evaluate the efficiency of different commercial insecticides for the control of <i>D. maidis</i> in maize (<i>Zea mays</i> L.) (...).				
Descripción:					
URL:					

INTRODUCCIÓN

El maíz (*Zea mays* L.) es uno de los cereales más importante del mundo no sólo porque es un alimento de consumo humano y animal sino porque es materia prima de numerosos productos industriales (1). En Ecuador, casi las tres cuartas partes de la producción total de maíz proviene de unidades familiares campesinas, la mayoría de ellas de economías de subsistencia. El maíz constituye la principal materia prima para la elaboración de alimentos concentrados (balanceados) destinados a la industria animal (2).

Esta importante gramínea es susceptible a numerosas enfermedades ocasionadas por patógenos que afectan el desarrollo de la planta y son favorecidos por las condiciones climáticas, calidad de la semilla, prácticas agronómicas, insectos vectores, etc. (1).

El insecto *Dalbulus maidis* pertenece al orden Hemiptera, familia Cicadellidae, posee un aparato bucal picador chupador con el que realiza los daños en los cultivos y se considera una plaga grave del maíz en la mayor parte de América Latina, principalmente porque actúa como vector de tres patógenos que causan el retraso del crecimiento del maíz; el fitoplasma del “enanismo arbustivo del maíz”, el marafivirus del “virus rayado del maíz” y el espiroplasma del “enanismo del maíz” (3,4,5).

Este insecto vector, *Dalbulus maidis*, ha adquirido gran importancia en Ecuador por considerarse el principal transmisor del “enanismo del maíz”, mejor conocido como “cinta roja” por los productores de la región, la cual es provocada por la bacteria (*Spiroplasma kunkelii*) comúnmente conocida como “espiroplasma del achaparramiento del maíz” o “CSS” por sus siglas en inglés, la cual ha causado malestar en distintas provincias del país como Los Ríos, Manabí y Guayas. (6,7). Esta interacción específica entre vector (*D. maidis*) – patógeno (*S. kunkelii*) – huésped (*Z. mays*) se la conoce también como patosistema del “Spiroplasma del maíz” (8).

La “cinta roja” es capaz de causar pérdidas de hasta el 85 % en los rendimientos. Los primeros síntomas pueden presentarse después de cuatro a seis semanas, desarrollando pequeñas manchas amarillas que, en la base de las hojas, se unen a lo largo de la nervadura central (9).

No existe una estrategia de control actual establecida para manejar la enfermedad de cinta roja al atacar directamente a este fitopatógeno. Los métodos de control, por lo tanto, se basan en intentos de suprimir o erradicar por completo el insecto vector (8). El control vectorial mediante la utilización de químicos insecticidas se ha indicado como la mejor manera de reducir la incidencia de enfermedades (10).

Los neonicotinoides, piretroides, benzoilureas, sulfoximinas y spinosines son subgrupos químicos con acción insecticida de amplio espectro, capaces de causar la mortalidad de diferentes estadios de insectos holometábolos (Lepidoptera, Coleoptera, Diptera) e insectos hemimetábolos (Hemiptera). Su acción contra insectos tales como *Dalbulus maidis* ha sido comprobada anteriormente (11,12,13,14,15,16).

Victoriano *et al.*, (16), manifestaron que combinaciones como la de los subgrupos químicos piretroides y neonicotinoides han dado como resultado un alto porcentaje de eficacia contra insectos plaga del orden Hemiptera, debido a que actúa mediante dos mecanismos de acción (como agonistas del receptor nicotínico de la acetilcolina – moduladores de canales de sodio), lo que los hace altamente efectivos contra insectos chupadores.

La presente investigación tuvo como objetivo evaluar la eficiencia de diferentes insecticidas comerciales para el control de *Dalbulus maidis* en el cultivo de maíz (*Zea mays* L.) utilizando distintas combinaciones, dosis, modos y mecanismos de acción. Además, se determinó la fluctuación poblacional de *Dalbulus maidis* y la respuesta de las variables agronómicas y productivas del cultivo de maíz con respecto a la aplicación de diferentes insecticidas comerciales.

CAPÍTULO I

CONTEXTUALIZACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN

1.1. Planteamiento del Problema

Una de las problemáticas predominantes en controles fitosanitarios ha sido el uso negligente o indiscriminado de insecticidas; para el control de la cigarrita de maíz (*Dalbulus maidis*) vector del patógeno *Spiroplasma kunkelii* no ha sido la excepción. Entre las distintas problemáticas que se tiene en el cultivo de maíz, la más resonada es la resistencia y tolerancia desarrollada por los insectos objetivo hacia los químicos utilizados, tal como ya se ha evidenciado en subgrupos como neonicotinoides y piretroides. Aunque en la actualidad no existen registros de resistencia en *D. maidis* si lo hay en otras especies de insectos del orden Hemiptera como *Aphis gossypii*, *Nilaparvata lugens*, *Diaphorina citri* y *Bemisia tabaci*; la cual probablemente también comparta comportamientos de resistencia, dificultando así su control a largo plazo e influenciando el uso de insecticidas más agresivos, no solo para el medio ambiente, también para quienes los manipulan.

Diagnóstico

La cinta roja es una de las enfermedades más comunes y es provocada por la bacteria *Spiroplasma kunkelii* la cual es transmitida principal y persistentemente por la chicharrita (*Dalbulus maidis*) de forma propagativa. No existe un control directo contra esta bacteria (*S. kunkelii*), por lo que mitigar o evitar altas infestaciones de la chicharrita, en especial en estadios tempranos del maíz, es crucial para eludir los estragos de esta enfermedad, debido a esto, se suele aplicar de forma indiscriminada insecticidas sintéticos con sobredosisificación de producto, para asegurar la ausencia de este vector. El mal uso de los insecticidas puede incidir en distintos escenarios como, la adaptación de los insectos a los químicos utilizados, desarrollo de plagas secundarias, impactos ambientales desfavorables, toxicidad a la fauna no objetivo, o en el peor de los casos, atentar contra la salud de los residentes y productores.

Pronóstico

Debido a la amplia distribución geográfica y alta movilidad de la chicharrita (*D. maidis*), se suele ejecutar un control químico deficiente para este insecto, con aplicaciones con intervalos de tiempo muy cortos o el uso de insecticidas con mayor toxicidad de los recomendados. La mala selección de un insecticida, la sobredosisificación y el desconocimiento de la plaga puede generar serias consecuencias en los agroecosistemas.

Formulación del problema

¿Cuál es la eficiencia del uso de diferentes insecticidas comerciales para el control de *Dalbulus maidis* en el cultivo de maíz (*Zea mays* L.)?

Sistematización del problema

¿Cuál es la fluctuación poblacional de *Dalbulus maidis* en el cultivo de maíz tratado con diferentes insecticidas comerciales?

¿Qué porcentaje de eficacia obtuvieron los diferentes insecticidas comerciales para el control de *Dalbulus maidis* en el cultivo de maíz?

¿Como respondieron las variables agronómicas y productivas del cultivo de maíz con respecto a la aplicación de diferentes insecticidas comerciales?

1.2. Justificación

La cinta roja provocada por la bacteria (*Spiroplasma kunkelii*), es capaz de causar pérdidas de hasta el 85 % en los rendimientos si se presenta en los estadios vegetativos tempranos (9,17). Los primeros síntomas pueden presentarse después de cuatro a seis semanas, desarrollando pequeñas manchas amarillas que, en la base de las hojas, se unen a lo largo de la nervadura central, las yemas axilares desarrollan mazorcas estériles en muchos de los nudos y en casos graves puede ser que las plantas no produzcan mazorca o produzcan una mazorca deficiente (9,18).

La presencia de la cinta roja se vuelve más frecuente y su auge puede deberse al poco conocimiento sobre el insecto vector *D. maidis* y a un control eficiente del mismo. En el año 2017 el Ministerio de Agricultura, Ganadería, Acuacultura y Pesca (MAGAP) declaró la emergencia en el sector maicero de las provincias de Guayas, Los Ríos, Manabí y Santa Elena para combatir el problema sanitario de Cinta roja, que, según dirigentes de productores de maíz de Los Ríos, había causado daños en al menos 100 mil hectáreas de maíz en el país (19).

En la actualidad existe gran variedad de productos agroquímicos en el mercado que aseguran un alto porcentaje de eficacia para combatir plagas vectores de enfermedades, pero esa misma diversidad de opciones puede abrumar a los productores y agricultores. Debido a la grande disponibilidad de productos insecticidas disponibles los agricultores por desconocimiento suelen tomar decisiones que perjudiquen el correcto manejo de las plagas y ocasionan serios problemas como el desarrollo de resistencia en los insectos objetivo hacia los productos utilizados, impactos negativos al medio ambiente y afectaciones a la salud humana.

Este trabajo de investigación tuvo como objetivo evaluar la eficacia de varios insecticidas comerciales para el control de *Dalbulus maidis* en el cultivo de maíz (*Zea mays* L.). Entre los insecticidas evaluados se encuentran ingredientes activos que ya se han utilizado anteriormente contra *D. maidis* y otros que, en la actualidad, no existen registros de su uso contra este vector.

El siguiente estudio proporcionará a los productores maiceros de la región, de información que permita el manejo eficiente del vector de la cinta roja *D. maidis*, considerando las variables agronómicas y productivas del cultivo. Adicionalmente y con los resultados obtenidos se espera establecer planes de manejo de plagas basados en la toxicidad y modo de acción de los insecticidas evaluados.

1.3. Objetivos

1.3.1. Objetivo General

Evaluar la eficiencia de diferentes insecticidas comerciales para el control de *Dalbulus maidis* en el cultivo de maíz (*Zea mays* L.).

1.3.2. Objetivos Específicos

- Determinar la fluctuación poblacional de *Dalbulus maidis* en el cultivo de maíz tratado con diferentes insecticidas comerciales.
- Determinar el porcentaje de eficacia de diferentes insecticidas comerciales para el control de *Dalbulus maidis* en el cultivo de maíz.
- Evaluar la respuesta de las variables agronómicas y productivas del cultivo de maíz con respecto a la aplicación de diferentes insecticidas comerciales.

CAPÍTULO II

FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA DE LA INVESTIGACIÓN

2.1. Marco Conceptual

2.1.1. *Insecto Vector*

Los virus y bacterias constituyen el caso más importante de patógenos en los cuales los insectos juegan un gran papel como vectores. Estos patógenos no pueden moverse o penetrar el tejido de una planta por lo que necesitan del vector que los transporte y disemine (20). Existe una gran diferencia en lo que son insectos plagas de insectos vectores, por lo tanto, sus poblaciones deben ser manejadas de forma diferente, razón por la cual muchos de estos insectos se han convertido en serio problema para la agricultura (21). En adición a la transmisión de bacterias y otros patógenos, los hemípteros ocasionan daños que varían desde necrosis a severas alteraciones fisiológicas producidas por sus hábitos de alimentación y/u oviposición (22).

2.1.2. *Insecticida*

Según el Comité de Acción Contra la Resistencia a Insecticidas (IRAC) (23), un insecticida es un producto fitosanitario utilizado para controlar insectos, generalmente por la inhibición de enzimas; es un tipo de biocida. Los biocidas pueden ser sustancias químicas sintéticas, naturales, de origen biológico o de origen físico que están destinados a destruir, contrarrestar, neutralizar, impedir la acción o ejercer un control de otro tipo sobre cualquier organismo considerado nocivo para el hombre. Los insecticidas tienen importancia para el control de plagas de insectos en la agricultura o para eliminar todos aquellos que afectan la salud humana y animal.

2.1.3. *Resistencia*

Según el Comité de Acción Contra la Resistencia a Insecticidas (IRAC) (24), la resistencia a insecticidas se define como un cambio heredable en la sensibilidad de una población de una plaga que se refleja en repetidos fallos de un producto para alcanzar los niveles de control esperados al ser usado de acuerdo con las recomendaciones de la etiqueta para esa plaga.

2.2. Marco Referencial

2.2.1. El Maíz (*Zea mays*)

2.2.1.1. Origen.

Por recientes descubrimientos arqueológicos y paleobotánicos, se ha logrado determinar que el maíz procede de un antepasado de tipo silvestre, un cereal de grano duro, contenido en una vaina, en el que cada semilla estaba protegida por una cubierta formada por dos valvas, el teocintle (*Zea perennis*), aunque también se ha opinado que otro antecesor podría ser el *Tripsacum*, otro pariente silvestre del maíz (25).

El maíz que conocemos actualmente (*Zea mays*) no tiene está cubierta y los granos están unidos en una mazorca, la que a su vez está contenida en una envoltura de hojas. Este cereal es el resultado de un continuo proceso de selección humana (25).

Los autores Echeverría y Muñoz (26), sostienen que, hasta el presente, se han identificado ocho géneros de *maideae*, cinco de origen asiático, de escasa importancia económica (*Coix*, *Schleranchna*, *Polytoca*, *Chinonachne*, *Trilobachne*) y tres de origen americano (*Zea*, *Tripsacum*, Teocintle). El *Tripsacum* es aprovechado únicamente como forraje; se halla en el oeste y este de Estados Unidos, en América Central y hasta en Brasil.

El teocintle, la especie más afín con el maíz se encuentra en México y Guatemala. Tiene la propiedad de cruzarse espontáneamente con el maíz en su medio ambiente natural; efectivamente, algunos investigadores sostienen que muchas de las valiosas propiedades del maíz híbrido, se deben a la hibridación introgresiva del teocintle (26).

Tehuacán, el valle de Oaxaca y la sierra de Tamaulipas, todas ciudades de México, es donde se han encontrado los restos más antiguos de domesticación de plantas en Mesoamérica, que datan de aproximadamente 8000 a.C. El maíz hace su aparición en los tres sitios alrededor de dos mil años después, bajo la forma de una pequeña mazorca con minúsculos granos, comparados con los actuales que se piensa, deben su tamaño a una mutación súbita resultado de la estructura genética de esta planta (27).

La evidencia substancial del origen americano del maíz fue obtenida de los granos de polen fósil descubiertos a una profundidad de más de 200 pies bajo la ciudad de México. Fueron identificados por Elso Barghom, de la Universidad de Harvard, y Margaret Wolfe, de Radcliffe College, como granos de polen idénticos al del maíz moderno (26).

2.2.1.2. El Maíz en el Ecuador.

Piperno (28), a través de sondas en el lago Ayauch, en la Amazonía ecuatoriana, obtuvo evidencia de cultivo de maíz hace 7000 años, y de siembra de maíz con roza y quema hace 5600 años, demostrando lo temprano de la dispersión del maíz en los trópicos de la Sudamérica ecuatorial.

En el yacimiento precerámico Vegas (OGSE-80) de la Península de Santa Elena, Ecuador, contemporáneo con Cerro Mangote en Panamá, y con el de Sichos en el extremo norte del Perú, esta investigadora encontró fitolitos de maíz asociados al segundo nivel de ocupación que fecha hace más de 6000 años (29).

En el Ecuador, en la región Sierra, el maíz se caracteriza por su gran diversidad de tipos, colores, texturas y formas; así como también, por un sostenido incremento en el consumo directo en grano seco y choclo. Una de las principales limitantes del cultivo en la Sierra es su bajo rendimiento, con 1,63 t/ha en grano seco (30).

En la región Costa o Litoral, predomina el cultivo de maíz amarillo duro donde, la mayor producción se encuentra ubicada en la provincia de Los Ríos, Manabí, Guayas y el resto en la provincia de Loja, para la industria de alimentos balanceados y en un pequeño porcentaje el tipo blanco duro, que está orientado para consumo humano en fresco (choclo) (30,31).

La producción y productividad del maíz amarillo duro en la región Litoral o Costa y en la Amazonía se ha incrementado en los últimos años debido a una mayor tecnificación, cabe recalcar que alrededor del 90% de la siembra de maíz tiene lugar en la época lluviosa. Esto ha permitido reducir las importaciones de maíz y que el país cubra aproximadamente entre el 85 y 90% de sus necesidades de grano; especialmente del sector avicultor (30,31).

Acorde a las Normas Ecuatorianas de la Construcción (32), el maíz de tipo duro se concentra en la provincia de Los Ríos con 49,26% de la producción nacional, seguidos de la provincia de Manabí con el 28,64%, Guayas con 16,10%, Loja el 5,91%, Orellana el 2,55% y otras provincias con el 6,48%.

La evolución del cultivo del maíz en el Ecuador en los últimos años muestra que existen profundas diferencias entre los dos tipos utilizados: maíz duro y maíz suave. El maíz duro-seco se utiliza principalmente para uso industrial, razón que justifica la expansión en superficie cultivada como en producción y rendimiento (33).

Este producto tiene una amplia demanda por parte de la agroindustria. Por el contrario, el maíz suave destinado básicamente al consumo alimenticio familiar (33).

2.2.2. Clasificación Taxonómica

El maíz de acuerdo con COL (34), se clasifica taxonómicamente de la siguiente forma:

- **Reino:** Plantae
- **Filo:** Tracheophyta
- **Clase:** Liliopsida
- **Orden:** Poales
- **Familia:** Poaceae
- **Género:** *Zea* L.
- **Especie:** *mays*

2.2.3. Características Botánicas

El maíz es una planta hermafrodita, alta, con abundantes hojas y un sistema radical fibroso; normalmente con un solo tallo que tiene hasta 30 hojas dependiendo de la variedad. A continuación, se amplían algunas de las características botánicas más relevantes del maíz (35,36).

2.2.3.1. Raíces.

El sistema radicular del maíz comprende tres tipos: las raíces seminales, principales y adventicias. Las raíces seminales son las que se originan por el desarrollo de la radícula del embrión, son fundamentales hasta que la planta alcanza tres hojas. Al estado de cuatro hojas las raíces primarias dejan de crecer y van perdiendo gradualmente su importancia (37).

Las raíces principales se forman a partir de una corona ubicada en el segundo subnudo y empiezan a aparecer al estado de dos hojas y se termina de desarrollar al estado de seis hojas, donde el sistema de raíces principales se encuentra bien establecido. Las raíces adventicias se originan a partir de los primeros dos nudos aéreos y desde el subnudo más cercano a la superficie del suelo, empiezan a aparecer al estado de 10 hojas y al igual que las raíces seminales y principales, participa en la absorción de agua y nutrientes, sin embargo, su función principal es la de anclaje. (36,37).

2.2.3.2. Tallo.

El tallo es muy robusto y dependiendo de la variedad pueden alcanzar entre 12 y 24 nudos aéreos, éste tiene tres componentes importantes en sus tejidos: la corteza o epidermis, los haces vasculares y la médula (36).

También comprende cuatro estructuras básicas: los entrenudos, las hojas, el perfilo y la yema o meristemo apical; estas cuatro estructuras siempre aparecen juntas en la misma relación espacial y a esta unidad repetitiva de la planta se la conoce como fitómero (35,36).

2.2.3.3. Hojas.

Las hojas de maíz pueden medir entre 4 a 10 cm de ancho por 35 a 50 cm de longitud y tiene tres partes principales: el cuerpo, la vaina y el cuello. El cuerpo es la parte plana de la hoja que intercepta la luz solar; la vaina es la parte que se envuelve alrededor del tallo; y el cuello es la línea de demarcación entre el cuerpo y la vaina, normalmente con una curva definida. Cuando el cuello es visible, la hoja se considera verdadera (35,36,37)

2.2.3.4. Flores.

El maíz produce flores masculinas y femeninas separadas en la misma planta. La flor masculina (panoja) tiene una espiga central prominente y varias ramificaciones laterales con flores masculinas que producen polen, mientras que la flor femenina (mazorca) crece a partir de las yemas apicales en las axilas de las hojas y produce los óvulos que se convierten en la semilla (37).

2.2.3.5. Fruto.

La mazorca se encuentra cubierta por hojas que la envuelven. Normalmente una o dos yemas laterales en la mitad superior de la planta llegarán a convertirse en mazorcas. La mazorca es sostenida por una estructura que comúnmente se la conoce como caña (36).

En Ecuador, dependiendo de la variedad y región, se puede cosechar de dos formas la mazorca; antes de alcanzar la madurez fisiológica (R4), que se conoce como choclo (el grano presenta alrededor del 70% de humedad) y después de alcanzar la madurez fisiológica (R6), que se conoce como maíz duro (el grano presenta alrededor del 35% de humedad), y hay que esperar que los granos vayan perdiendo humedad hasta un óptimo del 20%. (37).

2.2.4. *Requerimientos del Cultivo de Maíz*

2.2.4.1. Clima.

Las temperaturas entre 20 y 22 °C son el punto óptimo para el desarrollo del cultivo durante toda la temporada de crecimiento. Sin embargo, si el suelo está lo suficientemente húmedo, es decir, con riegos periódicos, el maíz puede crecer en temperaturas de hasta 38 °C. La luz solar durante todo el ciclo de cultivo también es crucial, específicamente requiere un mínimo de 6 a 8 horas de luz solar todos los días; además, este cultivo requiere de 700 a 1300 mm de precipitación en todo el ciclo (38,39).

2.2.4.2. Suelo.

El suelo no debería ser excesivamente labrado; bajo la labranza convencional, una arada y una “disqueada” deberían ser suficientes si se hacen en buenas condiciones de humedad del suelo (40). El maíz se adapta muy bien a los suelos profundos, ricos en materia orgánica y con un buen drenaje para evitar el encharcamiento. El pH más adecuado de los suelos debe estar entre 5.5 a 7.5. (38).

Según Peñaherrera *et al.*, (38), Cuando se siembra en estos suelos podemos obtener los siguientes beneficios:

- a) Las semillas van a germinar con más facilidad.
- b) Las plantas serán fuertes y vigorosas.
- c) Se obtienen mazorcas grandes y granos de calidad.

2.2.4.3. Agua.

El maíz es un cultivo que a lo largo de su ciclo requiere de una adecuada humedad; debido a su sistema de raíces superficiales, el maíz es particularmente susceptible a la sequía; por lo tanto, es esencial realizar un seguimiento de los niveles de humedad, especialmente la humedad del suelo superficial, durante toda la temporada de crecimiento (39).

Los riegos varían a lo largo del cultivo. Cuando las plantas comienzan a nacer se requiere menos cantidad de agua, pero si mantener una humedad constante. La fase de desarrollo vegetal de la planta es la etapa en que la cantidad de agua no debe faltar, se recomienda dar riego unos 10 a 15 días antes de la floración (38).

La fase de floración es el periodo más crítico en el crecimiento de la planta porque de esta fase depende el cuajado (formación y llenado de grano) y la cantidad de producción obtenida. Por esta razón, se aconsejan riegos constantes que mantengan la humedad. Por último, para el engrosamiento y maduración de las mazorcas se debe disminuir la cantidad de agua aplicada (38).

2.2.5. Enfermedades y Plagas del Cultivo de Maíz

El cultivo de maíz, al igual que varios otros cultivos agrícolas, es afectado por una serie de organismos plaga, entre patógenos, insectos, nematodos y malezas. En Ecuador, las principales enfermedades que afectan el cultivo del maíz son: tizón foliar, causada por el organismo *Exserohillum turcicum*; mancha foliar causada por el organismo *Curvularia lunata*; roya común causada por el organismo *Puccinia sorghi*; mancha de asfalto causada por el organismo *Phyllochora maydis*; pudrición del tallo causado por los organismos *Fusarium moniliforme* y *Fusarium verticillioides*; necrosis vascular, causada por el organismo *Acremonium strictum* y la enfermedad viral conocida como cinta roja, causada por el organismo *Spiroplasma kunkelii* (1).

En cuanto a insectos plaga los principales insectos considerados plaga y de mayor importancia económica en el cultivo de maíz son: el gusano cogollero (*Spodoptera frugiperda*) el barrenador del tallo (*Diatraea* spp.), el gusano elotero o de la mazorca (*Heliothis* spp.) el Falso medidor (*Mocis latipes*), el gusano cortador (*Agrotis* spp.) y la cigarrita del maíz (*Dalbulus maidis*) (41).

2.2.5.1. Cinta Roja

El cultivo del maíz es afectado por enfermedades cuya sintomatología más común y nociva es el achaparramiento, la más popular es aquella causada por un espiroplasma, denominada comúnmente como cinta roja en nuestro país (38). Esta enfermedad es sistémica, afectando la fisiología, nutrición y desarrollo de la planta de maíz y es causado principalmente por *S. kunkelii* mejor conocida como “espiroplasma del achaparramiento del maíz” o “CSS” por sus siglas en inglés (42).

La enfermedad conocida como cinta roja se caracteriza por presentar dos síntomas muy bien definidos. El síntoma más común observado en la zona central del litoral ecuatoriano se caracteriza porque las hojas de los tercios medio superior de la planta adquieren un tono rojo violáceo y amarillento en los bordes (1). Otro tipo de síntoma es un enanismo general de la planta por la presencia de un severo acortamiento de los entrenudos y ocasionalmente se nota una proliferación de mazorcas pequeñas (1).

2.2.5.2. *Spiroplasma kunkelii*.

Los espiroplasmas son un grupo de bacterias que pertenecen al grupo de los mollicutes, estos han sido asociados a un rango limitado de plantas, en las que incluyen cítricos, maíz y algunas plantas ornamentales, estos patógenos son microorganismos que se restringen a los tejidos del floema de sus plantas hospedadas. El rico contenido de glucosa y fructosa dentro de estos tejidos proveen un suplemento energético (43). Dicha situación provoca un desbalance fisiológico que conduce a la inducción de diversos síntomas en sus plantas hospedadas (44).

La acción patogénica sucede a aquellas plantas domesticadas por el hombre como el maíz moderno, en donde los mecanismos de resistencia naturales se pierden a través de la selección, volviendo a las plantas “susceptibles” a la infección de patógenos. En plantas silvestres o no intervenidas por el ser humano, el daño es reducido o no se presenta, debido a que dichos biotipos están adaptados a esos mollicutes, como los pastos grama (*Cynodon dactylon*), los cuales son inmunes a CSS (45,46).

2.2.5.2.1. Clasificación Taxonómica.

De acuerdo con Schoch *et al.*, (47), la clasificación taxonómica de *Spiroplasma kunkelii* (cepa CR2-3X) es la siguiente:

- **Dominio:** Bacteria
- **Filo:** Mycoplasmatota
- **Clase:** Mollicutes
- **Orden:** Entomoplasmatales
- **Familia:** Spiroplasmataceae
- **Género:** *Spiroplasma*
- **Especie:** *Spiroplasma kunkelii*

2.2.5.2.2. Proceso infeccioso de *Spiroplasma kunkelii* en *Zea mays*.

Utilizando como base el genoma de *S. kunkelii* (cepa CR2-3X) que ya ha sido completamente secuenciado (48), y rutas metabólicas utilizadas por otros mollicutes en plantas hospedadoras alternas, se presume que el proceso infeccioso de *S. kunkelii* en *Z. mays* empieza con la unión de la bacteria a la planta huésped. Esto se ve facilitado por la presencia de adhesinas en la superficie de la bacteria, colonizando el tejido. Luego comienza a multiplicarse y extenderse por toda la planta gracias a la producción de enzimas que rompen la pared celular de la planta; a medida que se propaga, daña el tejido de la planta, lo que provoca los síntomas característicos de la enfermedad del achaparramiento del maíz, como retraso en el crecimiento, coloración amarillenta de las hojas y reducción del rendimiento (49).

2.2.5.2.3. Epidemiología.

Según Arismendi *et al.*, (50), los insectos son su principal medio de transmisión de estos procariontes y es probable que muchos de estos organismos habiten en los intestinos o lleguen a él mediante la ingestión de savia contaminada, y que, por medio de lesiones pase a la hemolinfa o en ciertos casos logran atravesar la membrana basal (51,52) además se puede propagar mediante la saliva del insecto, heces o contenido intestinal regurgitado (51).

Acorde con Özbek *et al.*, (53), *S. kunkelii* utiliza los músculos que rodean el epitelio del intestino medio en *D. maidis* los cuales son los principales sitios de infección; las células de este patógeno contienen fimbrias, que son macromoléculas multiméricas largas y filamentosas que median la unión bacteriana, se unen a los receptores de la célula huésped y/o activan las vías de señalización de la célula huésped (54). Los espiroplasmas pueden multiplicarse en vesículas y/o pueden manipular el movimiento vesicular permitiendo la fusión de vesículas que contienen espiroplasma (53).

S. kunkelii utiliza el citoplasma de las células epiteliales intestinales, para pasar de la luz intestinal al lado basal hacia la hemolinfa, y luego al aparato bucal; no se han encontrado cambios citopatológicos en estas células intestinales indicativos de necrosis celular y apoptosis, como encogimiento o hinchazón, deformación o desaparición de orgánulos

celulares, etc. (53,55). Sin embargo, las células musculares si son afectadas, siendo invadidas y apareciendo necróticas (53).

Estudios han demostrado que *S. kunkelii* afecta negativamente la fecundidad y la sobrevivencia hasta un 50% en otras especies de *Dalbulus* a excepción de *Dalbulus maidis* donde no hay ningún efecto negativo directo (56), volviéndolo su principal y óptimo vector.

A pesar de la preferencia por el maíz, *D. maidis* podría adquirir el patógeno de otras plantas ya que, se ha demostrado que muchos cicadélidos pueden adquirir CSS y transmitirlo no solo a las monocotiledóneas, sino también, a por lo menos seis especies de plantas dicotiledóneas (57,58).

2.2.5.2.4. Control Preventivo.

La detección rápida y precisa de agentes infecciosos en muestras de campo es esencial para monitorear la incidencia de enfermedades, prevenir la propagación de patógenos y controlar las pérdidas económicas. Los síntomas iniciales por *S. kunkelii* se manifiestan como pequeñas franjas cloróticas que se desarrollan en la base de las hojas de las plantas jóvenes, estos síntomas se asemejan con los causados por deficiencia nutricional o enfermedades transmitidas por otros insectos, generando así un ambiente de incertidumbre (59,60).

Por esta razón Wei *et al.*, (60), diseñaron cebadores y sondas TaqMan y establecieron un protocolo basado en qPCR, logrando que la detección de *S. kunkelii* sea más fácil y rápida que nunca. Todo el proceso de detección, incluida la preparación de muestras, puede completarse en aproximadamente 1 h.

2.2.5.3. *Dalbulus maidis*

Es un insecto del orden Hemiptera que tiene un aparato bucal picador chupador con el que realiza los daños en los cultivos. Presentan coloración marrón oscuro o marrón amarillento (4).

Del grupo Hemiptera *D. maidis* podría ser considerado el más importante por ser vector del Corn Stunt Spiroplasma (CSS), del Maíze bushy stunt phytoplasma (MBS) y del virus rayado fino (MRFV) los cuales afectan considerablemente en el cultivo de maíz (4).

2.2.5.3.1. Importancia del Insecto vector *Dalbulus maidis*.

En la mayoría de las zonas tropicales y subtropicales productoras de maíz se han encontrado y reportado dos enfermedades comúnmente conocidas como achaparramiento, Maíze bushy stunt disease (MBS), causado por un fitoplasma, y Corn stunt spiroplasma (CSS), causado por un Espiroplasma. Las dos enfermedades son transmitidas por *Dalbulus maidis* (61).

Las pérdidas inducidas por el achaparramiento (MBS y CSS) están directamente relacionadas con el porcentaje de incidencia de estas enfermedades, el porcentaje de plantas improductivas y el grado de severidad. Entre más jóvenes se enferman los cultivos, mayores son las pérdidas por planta (62).

El achaparramiento del maíz se presenta en forma endémica, llegando alcanzar en los casos más severos daños del 70 al 100% en las siembras afectadas (63).

2.2.5.3.2. Ciclo biológico.

a) Huevos

El huevo es muy pequeño y de forma ovalada, recién puesto es incoloro y pasada una semana toma una coloración blanca, antes de eclosionar demoran entre 2 a 2,5 días, (64).

Mediante un estudio, Valarezo *et al.*, (64), demostraron que la hembra durante su longevidad adulta oviposita en promedio la cantidad de 81,8 huevos de los cuales sólo eclosionan en media 78,4. Los huevos son ovipositados preferentemente en la nervadura central del haz de la hoja en el 84% de las veces, seguido del envés con el 14% y en el tallo con el 2%. Además, las hembras pueden abstenerse de asignar nidadas de huevos grandes a buenos hospedantes para poder explotar más plantas, una estrategia aparentemente consistente con la dinámica de oviposición (56,65).

b) Ninfas

La especie *Dalbulus maidis* pasa por 5 estadios ninfales, que dura entre 15 a 20 días, las ninfas recién emergidas son de color anaranjado amarillento hasta color cremoso marrón en el quinto estado ninfal, su tamaño es de 0,91 a 2,7 mm (4). Las ninfas de *D. maidis* en el estadio temprano apenas se mueven, mientras que las ninfas del estadio tardío se mueven saltando (66).

c) Adultos

Los adultos de *D. maidis* tienen un tamaño de 2,7 mm de longitud. La cabeza y el tórax son marrón amarillento, las alas cubren totalmente el cuerpo y son translúcidas, con manchas oscuras en la superficie. Las hembras son de mayor tamaño y robustas que los machos abdomen más oscuro y obtuso, el macho es más delgado (64).

En una investigación realizada por Valarezo *et al.*, (64), se llegó a la conclusión de que las hembras de este insecto tienen un ciclo biológico más prolongado ya que pueden llegar a vivir en promedio 63 días, mientras que, los machos llegan solo a 41 días en promedio.

2.2.5.3.3. Comportamiento de *Dalbulus maidis*.

Las chicharritas se alimentan en la base de las hojas dentro del cogollo, en las axilas y en la parte inferior de la planta. Frecuentemente viven en colonias que comprenden todos los estadios. La chicharrita es principalmente conocida como plaga del maíz (17).

Los adultos de este insecto vuelan tan pronto germina el maíz, se localizan en los cogollos y colocan sus posturas en la nervadura central, o en la yagua de las primeras hojas. Allí establecen sus colonias pasando por los estados ninfales (62).

2.2.5.3.4. Distribución de *Dalbulus maidis*.

De acuerdo con King y Saunders (67), la distribución de *D. maidis* va desde el Sur de Estados Unidos, México, América Central, América del Sur y El Caribe.

Por otra parte, Casuso (68), menciona que, el patrón de distribución de *D. maidis* se ve afectado principalmente por condiciones climáticas que permiten su desarrollo y la disponibilidad de sus plantas hospederas a lo largo del año.

2.2.5.3.5. Métodos de Control.

a) Control Cultural

Las labores culturales son una parte importante en el manejo integrado debido a que son acciones que se realizan sin ser totalmente enfocadas a controlar a la plaga, sin embargo, la realización de estas actividades tiene un impacto sobre la población del insecto (69).

Eliminación de plantas enfermas: La eliminación de plantas enfermas, como un método fitosanitario, es importante porque nunca producirán algo, solo sirven como fuente del patógeno (17).

Rotación de cultivos: Realizar una actividad de monocultivo conlleva a aumentar las poblaciones de plagas ya que estas se encuentran en su hospedante principal y esto propicia su establecimiento y desarrollo. Sin embargo, realizar rotación en el establecimiento de cultivos como las gramíneas (maíz, trigo, cebada, sorgo, etc.) y posteriormente leguminosas (chícharo, frijol, alfalfa, garbanzo, etc.) hará que el ciclo de un insecto se corte debido a que estas familias de plantas no albergan las mismas plagas (69).

Uso de semilla certificada: Usar semilla certificada nos da mayor confiabilidad ya que nos indica si existe algún tratamiento previo que nos ayude en el control de las plagas del cultivo o si se trata de una variedad la cual es tolerante o resistente a las mismas (69).

b) Control Etológico

Las trampas son tecnologías que se utilizan para el manejo de plagas. Algunas plagas son capaces de reconocer colores como amarillo, azul o blanco y pueden acercarse a ellos porque si sienten atraídas. Esta característica de los insectos puede ser utilizada como una alternativa de manejo mediante la elaboración de trampas de colores pegajosas las cuales son de bajo costo, no contaminan el ambiente y son de fácil fabricación (70).

El hecho que la mayoría de las plantas tienen una coloración verdosa con un amplio espectro de reflectancia de 500-580 nm podría hacer pensar que este sería el color más atractivo. Sin embargo, pareciera que para cicadélidos, los colores amarillentos son muchos más atractivos que las coloraciones verdosas (3,71,72).

La preferencia al color amarillo puede estar directamente relacionada con los problemas de clorosis en los tejidos enfermos, lo cual puede favorecer aquellas especies vectores de enfermedades (73).

La mayor capacidad de respuesta al amarillo ayuda a algunos áfidos a encontrar hojas jóvenes y en expansión que tienen un alto contenido de nitrógeno y, a menudo, se caracterizan por un color amarillo (74). Debido a que las plantas están compuestas principalmente de carbohidratos, el suministro de nitrógeno es limitado para muchos insectos fitófagos (75). Esto explica el uso y recomendación de trampas amarillas para el manejo de *Dalbulus maidis*.

c) Control Biológico

Dentro de los agentes biológicos que permiten el control de *D. maidis* podemos citar a los hongos entomopatógenos. El hongo entomopatógeno *Entomophthora* sp. actúa momificando a los adultos de *D. maidis* y reduce así el número de individuos (76).

Otros importantes enemigos naturales de *D. maidis* son los parasitoides de huevos tales como; *Anagrus flaveolus* (Hymenoptera: Mymaridae), *Gonatopus bartletti* (Hymenoptera: Dryinidae) y como predadores a algunas arañas (76,77).

d) Control Genético

El ARNi (ARN interferente) que se activa con el ARNdc (ARN de doble cadena) se puede utilizar para silenciar ARNm (ARN mensajero) los cuales codifican proteínas que están implicadas en la ruta endocítica para el desarrollo de moléculas. A través ARNi es posible separar la parte del mecanismo endocítico necesario para dar paso a la morfogénesis, como también se puede aplicar este proceso en el biocontrol de plagas en la agricultura (78,79).

Dalaisón *et al.*, (80), realizaron un estudio que constituye el primer informe de ARNi eficiente para *Dalbulus maidis*; utilizaron ARNi para silenciar el gen Dmai-BicC y evaluar el control que tendría en un grupo de hembras adultas de *D. maidis*. Mediante alimentación artificial añadieron ARNdc como suplemento y obtuvieron como resultado que las hembras alimentadas con ARNdc colocaron menos huevos que las hembras del grupo control, concluyendo que, los genes relacionados con la ovogénesis, como Dmai-BicC, son objetivos prometedores al inducir la detención reproductiva de las hembras y, por lo tanto, prevenir la propagación poblacional de este insecto vector.

e) Control Químico

Para el control de insectos vectores de virus en maíz se recomienda tratar la semilla con thiodicarb (carbamato) + imidacloprid (neonicotinoide) (25 ml/kg de semilla) y la aspersión en el follaje de lambda-cihalotrin (piretroide) + thiametoxam (neonicotinoide) (1 ml/L de agua). La bomba de mochila debe disponer de una boquilla de cono, dirigiendo la aplicación al cogollo y luego al resto del follaje, esto también ayuda a controlar al barrenador del tallo (81).

La efectividad de los grupos piretroides y neonicotinoides trabajando en conjunto ha sido demostrada previamente; gracias al estudio realizado por Victoriano *et al.*, (16), quienes manifestaron que este tipo de formulaciones dieron como resultado un alto porcentaje de eficacia contra insectos plaga del orden Hemiptera debido a que la combinación de estas moléculas actúa mediante dos mecanismos de acción (como agonistas del receptor nicotínico de la acetilcolina – moduladores de canales de sodio), lo que los hace altamente efectivos contra insectos chupadores.

En un experimento realizado por Oliveira *et al.*, (82), en condiciones de invernadero, se trató con imidacloprid un grupo de semillas de maíz (480 g por 100 kg de semillas) y a otro grupo con tiametoxam, (200 g por 100 kg de semillas), ambos pertenecientes al grupo de los neonicotinoides, y posterior se realizaron aspersiones con los mismo insecticidas (imidacloprid 175 g/ha y tiametoxam 37,5 g/ha) a los 10 y 20 días después de la emergencia según el tratamiento dando como resultado una alta eficiencia de control hasta el día 23 ($\geq 70\%$) en la población inicial de *D. maidis*, resaltando el imidacloprid.

Por otro lado, Valarezo & Valarezo (9), demostraron en un estudio realizado en la zona de Manabí que cuando no se trató la semilla con imidacloprid (Gaucho), la incidencia de *D. maidis* fue más alta, llegando al 32,93 % a los 90 días después de la siembra (dds), diferenciándose del tratamiento con Gaucho, que sólo llegó hasta 26,15 % en la misma evaluación.

2.2.6. Subgrupos Químicos Insecticidas

2.2.6.1. Neonicotinoides.

Los neonicotinoides, acorde a la clasificación del Comité de Acción de Resistencia a Insecticidas (IRAC) poseen un modo de acción que afecta al sistema nervioso de los insectos y pertenecen al grupo 4 A (83). La nicotina es el componente activo del tabaco para fumar. Su selectividad se debe a que en los insectos el sistema colinérgico se localiza únicamente en el sistema nervioso central, mientras que en los mamíferos se encuentra tanto en el sistema periférico como en el central. (84).

Mecanismo de acción: Éste fue descrito por Schroeder y Flattum como un efecto sobre las sinapsis colinérgicas que resultó en un bloqueo postsináptico (85), y forman parte de un solo grupo de modo de acción bioquímico según lo define el Comité de Acción de Resistencia a Insecticidas (IRAC) para fines de manejo de resistencia (86).

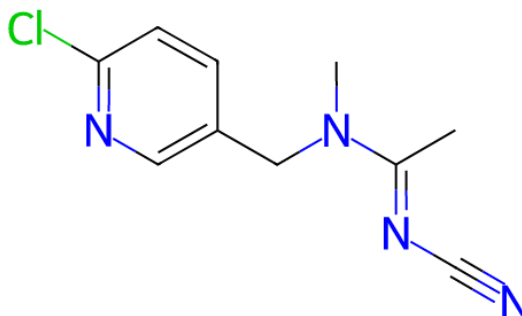
a) Acetamiprid

Como ya se mencionó anteriormente, acetamiprid es un insecticida novedoso desarrollado por Nippon Soda Co., Ltd. Aunque el compuesto pertenece a los neonicotinoides, posee propiedades insecticidas características diferentes de otros en la misma categoría de estructura química, como sus propiedades translaminares y sistémicas (84).

Debido a su alta solubilidad en agua, el acetamiprid aplicado al suelo se mueve hacia el cuerpo de la planta a través de las raíces y se mueve hacia arriba en la planta (84).

Figura 1

Acetamiprid



Nota. Las figuras representan la estructura química del producto. Tomada de IRAC Mode of Action y EMBL's – EBI Chemical Biology Database. (83,87).

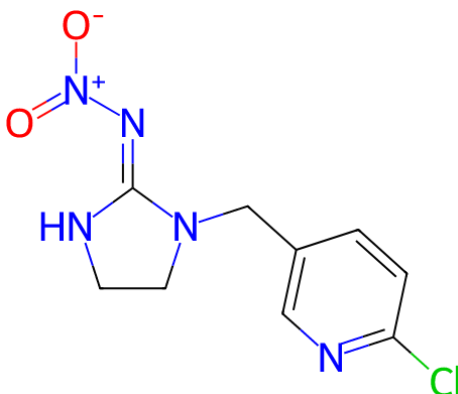
b) Imidacloprid

Imidacloprid fue descubierto en 1985 (88,89,90,91). El término "neonicotinoide" se propuso originalmente para imidacloprid y compuestos insecticidas relacionados con una similitud estructural con el alcaloide insecticida (S)-nicotina, que tiene un modo de acción similar (92,93).

Según Methfessel (94), informó que para imidacloprid existe una diferencia de 100 veces en la potencia de unión entre los receptores de acetilcolina de insectos y mamíferos, siendo los insectos más sensibles mientras que en mamíferos se excreta rápidamente del organismo (84).

Figura 2

Imidacloprid



Nota. Las figuras representan la estructura química del producto. Tomada de IRAC Mode of Action y EMBL's – EBI Chemical Biology Database. (83,87).

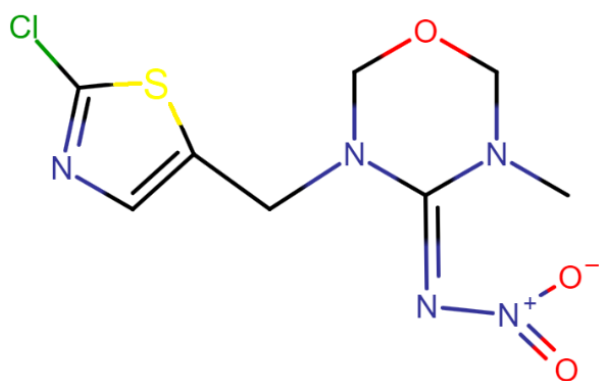
c) Tiametoxam

El tiametoxam, de la segunda generación de neonicotinoides; puede ser aplicado al suelo o de forma foliar; se ha convertido en un insecticida ampliamente utilizado y posee una toxicidad en mamíferos relativamente baja por vías de exposición oral, dérmica y por inhalación (95,96,97,98).

Al igual que el imidacloprid (IMI), todos los neonicotinoides se unen con alta afinidad a los sitios de unión en los receptores nicotínicos de acetilcolina de insectos. Una omisión notable es el tiametoxam, que muestra afinidades de unión hasta 10 000 veces menos potentes que otros neonicotinoides. Diversos estudios muestran que es probable que tiametoxam sea un precursor neonicotinoide de clotianidina y que no sea activo por sí mismo (99).

Figura 3

Tiametoxam



Nota. Las figuras representan la estructura química del producto. Tomada de IRAC Mode of Action y EMBL's – EBI Chemical Biology Database. (83,87).

2.2.6.2. Piretroides.

Los piretroides, acorde a la clasificación del Comité de Acción de Resistencia a Insecticidas (IRAC) poseen un modo de acción que afecta al sistema nervioso de los insectos y pertenecen al grupo 3 A (83). Estos son compuestos sintéticos basados estructuralmente en la molécula de piretrina la cual es un alcaloide producido en las flores de los crisantemos (*Chrysanthemum cinerariaefolium*) y se modifica para mejorar su estabilidad a la luz y el calor, entre otros (100,101).

Los efectos de la temperatura son especialmente relevantes porque los efectos tóxicos de los piretroides sobre los insectos disminuyen con el aumento de la temperatura (102,103). La eficacia residual de los piretroides a lo largo del tiempo después a la aplicación depende del sustrato sobre el que se aplica, el tipo de formulación, la dosis objetivo y los procedimientos de aplicación, la especie y otras condiciones ambientales (102,103).

Mecanismo de acción: Actúan sobre los canales de sodio, éstos son vías a través de las cuales se permite que los iones entren en el axón y provoquen excitación. Cuando los canales se dejan abiertos, las células nerviosas producen descargas repetitivas y eventualmente causan parálisis (104,105). Los piretroides se unen a esta puerta y evitan que se cierre normalmente, lo que provoca una estimulación nerviosa continua y temblores en los insectos envenenados (106).

Los piretroides aumentan la actividad locomotora (hiperactividad) de los insectos y luego causan incoordinación, parálisis (lo que lleva al efecto knockdown), postración (con eventual recuperación) y muerte, según la masa corporal del insecto, la dosis y la duración de la exposición (102).

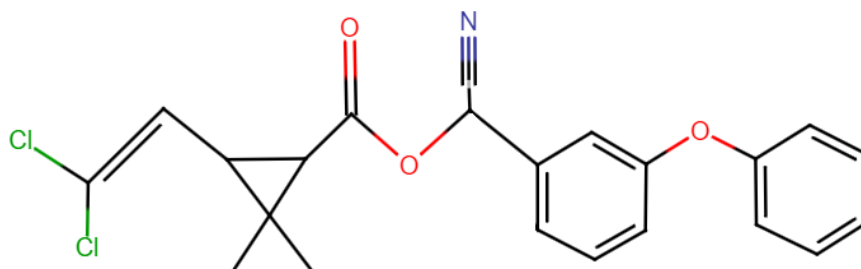
Existen dos grupos dentro de los piretroides con síntomas distintivos de envenenamiento, denominados Tipo I y Tipo II, donde su diferencia radica en la presencia de un grupo alfa-ciano en la posición alfa (α) en los de tipo II. Los tipo I ejercen su neurotoxicidad principalmente a través de la interferencia con la función de los canales de sodio en el sistema nervioso central, mientras que, los de tipo II también pueden afectar los canales de cloruro y calcio que son importantes para la función nerviosa adecuada, volviéndolos más tóxicos (107,108,109,110).

a) Alfa-cipermetrin

El alfa-cipermetrin es un piretroide del tipo II; la razón de la reducción de los efectos tóxicos en la exposición es que éste se absorbe rápida y extensamente en partículas suspendidas, sedimentos y plantas acuáticas (111,112). Alfa-cipermetrin representa un insecticida de amplio espectro que actúa como neurotoxina no solo contra los insectos objetivo, sino también contra los benéficos (113).

Figura 4

Alfa-cipermetrin



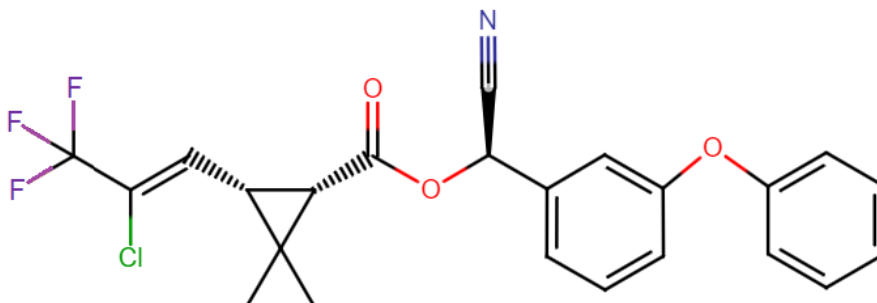
Nota. Las figuras representan la estructura química del producto. Tomada de IRAC Mode of Action y EMBL's – EBI Chemical Biology Database. (83,87).

b) Lambda-cihalotrin

La lambda-cihalotrin es un piretroide del tipo II y fue reportada por primera vez por Robson y Crosby en 1984; tiene una presión de vapor baja y una constante de la ley de Henry, lo que sugiere que no se volatiliza fácilmente en la atmósfera (106).

Figura 5

Lambda-cihalotrin



Nota. Las figuras representan la estructura química del producto. Tomada de IRAC Mode of Action y EMBL's – EBI Chemical Biology Database. (83,87).

2.2.6.3. Benzoilureas.

Las benzoilureas, acorde a la clasificación del Comité de Acción de Resistencia a Insecticidas (IRAC) poseen un modo de acción que actúa como regulador del crecimiento de los insectos y pertenecen al grupo 15 (83). Las benzoilureas nacieron en el curso de una investigación de nuevos derivados de un herbicida, se percataron que aquella molécula sintetizada no mostraba actividad herbicida, pero sí actividad insecticida en individuos como: *Pieris brassicae*, *Musca doméstica*, *Aedes aegypti*, entre otros (114,115).

Mecanismo de acción: Actúan como inhibidor de la síntesis de quitina e interfiere con el desarrollo larvario o ninfal al causar deformaciones en la cutícula, lo que resulta en una perturbación de la muda. Las etapas inmaduras son más susceptibles porque estas son las etapas que producen quitina, mientras que los adultos generalmente no mueren, porque ya han pasado las etapas que producen quitina. Por lo tanto, el momento de los tratamientos tiene que coincidir con las etapas inmaduras (116,117,118,119,120,121,122).

Las benzoilureas como clase de insecticidas se encuentran en una encrucijada, los síntomas de mortalidad de las larvas no se observan hasta que los insectos comienzan su próxima muda. Con insectos que tienen mudas poco frecuentes, puede pasar una cantidad considerable de tiempo antes de que se vean los síntomas (120).

Con las plagas agrícolas, donde el daño a los cultivos puede ser extremadamente rápido una vez que se alcanza un umbral económico de plagas, un retraso en la mortalidad de los insectos (o al menos el cese de la alimentación) puede ser inaceptable para los agricultores (120).

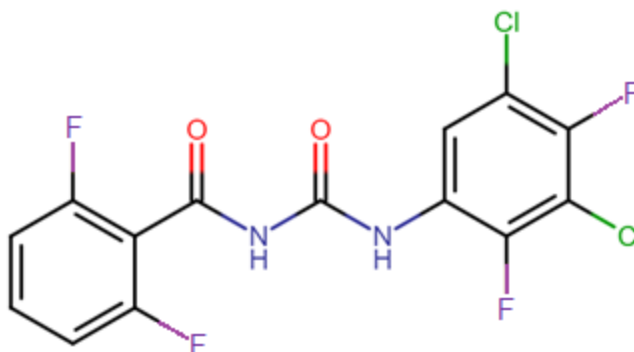
a) Teflubenzuron

El teflubenzuron tiene un perfil ambiental más favorable, con menor toxicidad para una variedad de organismos no objetivo en comparación con los compuestos de amplio espectro y, por lo tanto, puede considerarse una herramienta para un programa de MIP (123).

El estrecho espectro de especies envenenadas por las benzoilureas es probablemente la limitación agrícola más seria con estos materiales. Aunque un espectro reducido de actividad es importante para el MIP; la alternativa lógica para el agricultor sería utilizar sólo un veneno de amplio espectro ya que se necesita menos planificación y se pueden minimizar los tratamientos múltiples (120).

Figura 6

Teflubenzuron



Nota. Las figuras representan la estructura química del producto. Tomada de IRAC Mode of Action y EMBL's – EBI Chemical Biology Database. (83,87).

2.2.6.4. Spinosines.

Los spinosines, acorde a la clasificación del Comité de Acción de Resistencia a Insecticidas (IRAC) poseen un modo de acción que afecta al sistema nerviosos de los insectos y pertenecen al grupo 5 (83). Los spinosines tienen su origen en el interés de Eli Lilly and Company en los productos naturales (124). A partir de la fermentación de una muestra de suelo que entró en un programa de detección de antibióticos de Eli Lilly, donde demostró actividad insecticida en un bioensayo de larvicidas de mosquitos (125,126).

Los spinosines son una familia de productos de fermentación insecticidas, derivados del actinomiceto *Saccharopolyspora spinosa*. Estos compuestos ejercen su actividad selectiva contra un amplio espectro de insectos; coleópteros, dípteros, hemípteros, himenópteros, isópteros, ortópteros, lepidópteros, sifonápteros y tisanópteros, así como ácaros.

Mecanismo de acción: Estos operan por contacto e ingestión, actuando mediante la activación alostérica de los receptores nicotínicos de acetilcolina (nAChR), uniéndose a sitios receptores distintos de aquellos en los que otros insecticidas ejercen su actividad (15,83,127,128,129).

Los spinosines provocan inicialmente contracciones musculares involuntarias y temblores al excitar las neuronas del sistema nervioso central. Después de períodos prolongados de hiperexcitación, los insectos se paralizan, aparentemente debido a la fatiga neuromuscular causada por el uso excesivo y no a ningún efecto directo sobre el sistema neuromuscular (127).

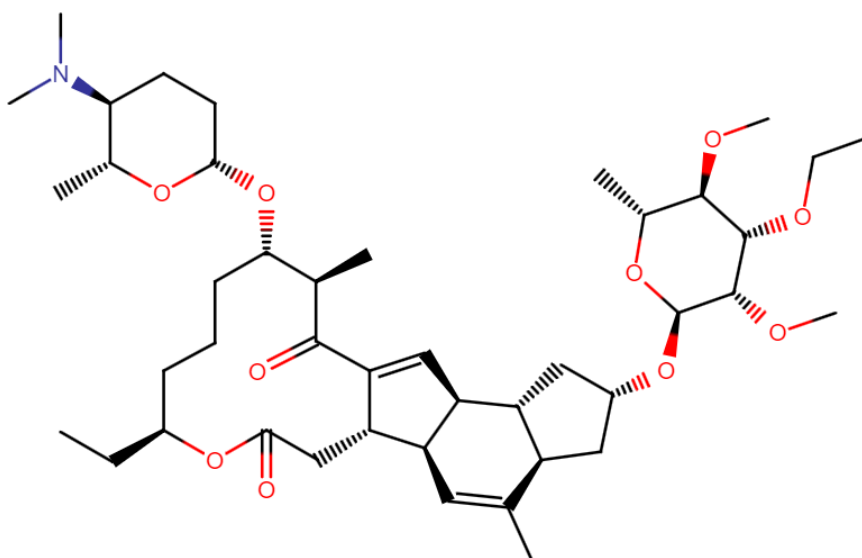
a) Spinetoram

Mediante el uso de la inteligencia artificial para analizar los spinosines, se obtuvo como resultado la producción de spinetoram. (130,131). Spinetoram es un nuevo insecticida de spinosin semisintético con eficacia mejorada, espectro de actividad ampliado, control residual mejorado y atributos ambientales y toxicológicos favorables (132).

Spinetoram fue aprobado como ingrediente activo de seguimiento de Spinosad en los EE. UU. en 2007 y en Europa en 2014. A diferencia de Spinosad, Spinetoram es un insecticida más potente que se implementa más rápido y es más duradero. En particular, es aún menos dañino para las especies no objetivo (133,134).

Figura 7

Spinetoram



Nota. Las figuras representan la estructura química del producto. Tomada de IRAC Mode of Action y EMBL's – EBI Chemical Biology Database. (83,87).

2.2.6.5. Sulfoximas.

Las sulfoximas, acorde a la clasificación del Comité de Acción de Resistencia a Insecticidas (IRAC) poseen un modo de acción que afecta al sistema nervioso de los insectos y pertenecen al grupo 4 C (83). Al ser monoaza análogos de las sulfonas, el uso de sulfoximas ha sido explorado en numerosas aplicaciones. Por ejemplo, en química agrícola se descubrió que las sulfoximas pueden mejorar el crecimiento de las plantas o actuar como insecticidas en la Protección de cultivos (135,136).

Los estudios espectrales de las sulfoximas revelan que son similares a las sulfonas correspondientes y no a los sulfóxidos. Sin embargo, existe una marcada diferencia de comportamiento entre las sulfoximas y las sulfonas correspondientes, ya que las sulfoximas a menudo son fácilmente solubles en disolventes próticos, como agua y alcoholes (136).

Mecanismo de acción: Se cree que el sulfoxaflor media sus efectos insecticidas a través de una interacción con el nAChR, aunque el mecanismo de acción no está claro. Los estudios sobre insectos palo (*Carausius morosus*) han demostrado la presencia de una interacción de alta afinidad en el nAChR; sin embargo, hasta el momento, en los áfidos (un blanco principal de plagas) hay poca comprensión de la farmacología de sulfoxaflor (137,138,139).

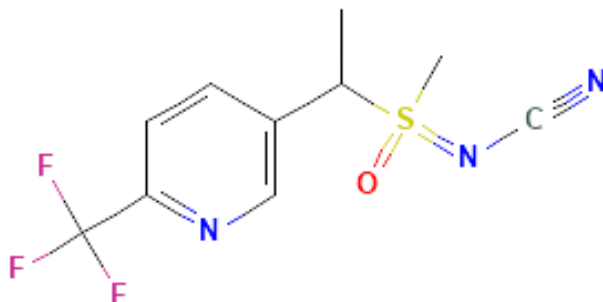
a) Sulfoxaflor

Sulfoxaflor es un insecticida novedoso, único perteneciente a la clase química de las sulfoximas, clasificado como un agonista del receptor de acetilcolina nicotínico. Se considera muy eficiente para el control de insectos que se alimentan de la savia que pueden ser resistentes a los neonicotinoides y otro tipo de insecticidas, además muestra baja toxicidad para los mamíferos (137,138,140).

Un atributo potencialmente atractivo del sulfoxaflor sobre los neonicotinoides actuales es su capacidad para controlar ciertas plagas chupadoras que han desarrollado una resistencia de base metabólica a los neonicotinoides (137).

Figura 8

Sulfoxaflor



Nota. Las figuras representan la estructura química del producto. Tomada de IRAC Mode of Action y EMBL's – EBI Chemical Biology Database. (83,87).

2.2.7. Insecticidas: Panorama Actual

Varias prácticas agrícolas, como la mala selección de insecticidas, las técnicas de aplicación deficientes y la sobredosis de aplicación de insecticidas, han resultado en fallas de control en los campos, junto con el desarrollo de resistencia a varios organofosforados, piretroides sintéticos e insecticidas neonicotinoides (141,142,143,144).

Producto de esta problemática, se ha generado resistencia cruzada a otros grupos insecticidas como spinosines (145), y sulfoximinas (146). Algunas de las especies donde se ha reportado resistencia son *Aphis gossypii* (147,148), *Nilaparvata lugens* (149,150), *Diaphorina citri* (151), *Bemisia tabaci* (152,153), entre otras; todas pertenecientes al orden Hemiptera.

La resistencia a los insecticidas en los insectos ha evolucionado predominantemente al aumentar la desintoxicación metabólica, reducir la sensibilidad del sitio objetivo, alterar la penetración y acelerar la excreción (154).

Principalmente, la desintoxicación metabólica puede ocurrir debido a la amplificación de genes, la sobreexpresión de las principales enzimas desintoxicantes, como lo son el citocromo P-450 s (P-450 s), glutatión S-transferasas (GST) y otros (155,156). A pesar de que no existen en la actualidad registros de resistencia en *Dalbulus maidis*, es muy probable que comparta estas características al igual que sus compañeros hemípteros reportados, lo que explicaría porque es tan difícil controlar este insecto vector.

CAPÍTULO III

METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

3.1. Localización de la Investigación

La investigación se realizó en el Campus “La María” perteneciente a la Universidad Técnica Estatal de Quevedo, en el área de investigación del maíz en convenio entre la UTEQ – BASF, la cual se encuentra ubicada en el m 7.5 vía Quevedo - El Empalme en el cantón Mocache, provincia de Los Ríos, con coordenadas geográficas: 01° 04'46'' latitud Sur y 79° 30'09'' longitud Oeste, a una altura de 66 m. En la Tabla 1, se detalla las características agroclimáticas del lugar del experimento.

Tabla 1

Características agroclimáticas de la Finca Experimental

Parámetros	Promedios anuales
Temperatura	24,9 °C
Precipitación	2295,1mm
Heliofanía	87,2 h
Humedad relativa	84%

Fuente: Estación meteorológica Pichilingue INAMHI – serie multianual 1990 – 2019

3.2. Tipo de Investigación

La investigación desarrollada fue de tipo experimental y exploratoria. Se considera de tipo experimental, porque se manejarán tratamientos y se midió su efecto en el cultivo a través de las variables de respuesta. La investigación es de tipo exploratoria, debido a que, en la actualidad, no se han realizado investigaciones similares sobre el uso de diferentes grupos insecticidas en el control y manejo de la cigarrita del maíz *Dalbulus maidis*.

3.3. Métodos de Investigación

Para el desarrollo de la investigación se utilizaron los siguientes métodos:

Método inductivo: Con este método se realizó un análisis de lo particular a lo general, posibilitando la selección de las variables de respuesta como el número de insectos por tratamiento de *D. maidis* que estuvieron alineadas a los objetivos de la investigación.

Método deductivo: A través de este método se partió de lo general a lo particular, posibilitando la identificación de los efectos específicos que generan los diferentes insecticidas con distintos mecanismo y modos de acción para el control de *D. maidis*.

Método analítico: Este método se aplicó para el correspondiente análisis de los datos obtenidos en la evaluación de las variables de respuesta para poder determinar el comportamiento poblacional y el daño provocado por *D. maidis* respecto a cada tratamiento en el cultivo de maíz.

3.4. Fuentes de Recopilación de la Información

La información presentada en la investigación provino de fuentes de investigación primarias y secundarias. Fuentes primarias: es la información que se obtuvo en la evaluación de las variables a través de la observación directa; y de fuentes secundarias: en la que se hizo uso de información extraída de libros, revistas, manuales divulgativos, guías técnicas y demás materiales bibliográficos.

3.5. Diseño de la Investigación

3.5.1. Factores de estudio

Insecticidas comerciales para el control de *Dalbulus maidis* en el cultivo de maíz.

3.5.2. Tratamientos Evaluados

Para realizar la investigación se consideraron los siguientes tratamientos (tabla 2).

Tabla 2*Tratamientos utilizados en la investigación*

Tratamientos	Producto	Ingrediente Activo	Grupo IRAC	Dosis (cc-g/L)
T1	Fastac® Duo + Dash MSO MAX	Acetamiprid + Alfa-cipermetrina	Grupo 4A, Grupo 3A	0,45 cc + 0,38 cc
T2	Engeo	Tiametoxam + Lambda-cihalotrin	Grupo 4A, Grupo 3A	0,32 cc
T3	Fastac® Duo + Dash MSO MAX	Acetamiprid + Alfa-cipermetrina	Grupo 4A, Grupo 3A	0,45 cc + 0,32 cc
T4	Acetalaq	Acetamiprid	Grupo 4A	0,26 g
T5	Fastac® Duo	Acetamiprid + Alfa-cipermetrina	Grupo 4A, Grupo 3A	0,38 cc
T6	Sparko	Sulfoxaflor + Spinetoram	Grupo 4C, Grupo 5	0,06 g
T7	Imunit + Dash MSO MAX	Alfa-cipermetrin + Teflubenzuron	Grupo 3A, Grupo 15	0,51 cc + 0,38 cc
T8	Fidelity	Sulfoxaflor	Grupo 4C	0,51 cc
T9	Fastac® Duo + Dash MSO MAX	Acetamiprid + Alfa-cipermetrina	Grupo 4A, Grupo 3A	0,38 cc + 0,38 cc
T10	Agresor	Imidacloprid	Grupo 4A	0,32 cc
T11	Fastac® Duo	Acetamiprid + Alfa-cipermetrina	Grupo 4A, Grupo 3A	0,45 cc
T12	Testigo Absoluto	Nada	-	-

3.5.3. Diseño del Experimento

En el experimento, se utilizó un diseño de bloques completos al azar (DBCA), elaborado con doce tratamientos y tres repeticiones (tabla 3).

Tabla 3*ADEVA a utilizarse en el experimento*

Fuente de variación		Grados de libertad
Bloques	(r-1)	2
Tratamientos	(t-1)	11
Error experimental	(r-1) (t-1)	22
Total		35

3.5.4. Esquema del experimento**Tabla 4***Características de las unidades experimentales*

Características	Cantidad
Híbrido	Emblema
Unidades experimentales	36
Número de tratamientos	12
Número de bloques	3
Área de la unidad experimental (m ²)	12,8
Área de la parcela neta (m ²)	9,45
Área total del ensayo (m ²)	1185,6
Distancia entre plantas (m)	0,20
Distancia entre hileras (m)	0,80

3.6. Instrumentos de Investigación**3.6.1. Manejo del Experimento****3.6.1.1. Preparación del Suelo.**

Para la preparación del suelo se realizó labranza convencional, a una profundidad de 20 cm con la finalidad de quebrantar y oxigenar el suelo y así otorgarle una mejor condición en donde el cultivo de maíz logre un desarrollo óptimo.

3.6.1.2. Siembra.

La siembra se efectuó de forma manual con la implementación de un espeque, a un distanciamiento de 0,8 x 0,2 m, en la cual se sembró dos semillas por orificio. El material utilizado fue el híbrido “Emblema”.

3.6.1.3. Raleo.

Esta labor, se la realizó manualmente a los 25 días después de la siembra y se dejó una planta por sitio, para lo cual se seleccionó la más vigorosa.

3.6.1.4. Control de Malezas.

El control de malezas se lo llevó a cabo mediante la implementación de productos agroquímicos convencionales, específicamente herbicidas pre-emergentes los cuales fueron Dimetenamida + Saflufenacil 1,5 L/ha y Paraquat 2,0 L/ha.

3.6.1.5. Días de Aplicación de los Insecticidas.

La aplicación de los diferentes tratamientos se lo realizó a partir del día 21 y 42 después de la siembra. Previo a la aplicación de los tratamientos se realizó un monitoreo para identificar la densidad de la población del insecto *D. maidis*.

3.6.1.6. Riego.

El riego aplicado fue con un aspersor de tipo cañón, con un caudal de 15m³/h, una altura de 3m y un radio de alcance de 30m; para las primeras etapas vegetativas se lo aplicaba durante una a dos horas al día logrando una capacidad de campo, con un intervalo de aplicación de dos días; para la etapa previa y durante la floración el intervalo de aplicación fue de un día y para la etapa de reproducción el tiempo de aplicación fue de 30 – 40 minutos con un intervalo de dos días.

3.6.1.7. Fertilización.

La fertilización se realizó en todos los tratamientos y de acuerdo con los requerimientos del cultivo. Se aplicó fertilizante granulado cuya composición disponía de (N: 12,30%; P: 16% y K: 20%) (aplicación edáfica) después de los 10 y 30 días de la siembra, y a los 45 días se aplicó otro fertilizante granulado cuya composición disponía de (N: 35%; S: 10%) (aplicación edáfica).

3.6.2. Variables a Tomar y Formas de Evaluación

3.6.2.1. Fluctuación Poblacional de *D. maidis*.

Para la evaluación de la fluctuación poblacional se realizó un análisis descriptivo que determinó el comportamiento poblacional del insecto a través del tiempo, cuyos datos fueron obtenidos a través de conteos visuales de adultos y ninfas de la cigarrita *D. maidis* a los 7, 10, 17, 24, 31, 38, 45, 52, 56 y 59 días después de la siembra. Se eligieron 3 hileras para las evaluaciones de las cuales se seleccionaron 10 plantas por hilera, sumando un total de 30 plantas por parcela y 360 plantas por bloque. Se evaluaron las plantas centrales dejando un borde de unos 50 cm por parcela. El número de individuos se contabilizó y se realizó una relación con respecto a los días de evaluación.

3.6.2.1.1. Número de Insectos Totales por Tratamiento.

Para la determinación del número total de insectos por tratamiento se contabilizó los especímenes vivos de *Dalbulus maidis* observados desde el día 7 hasta el día 59 después de la siembra, con el fin de estipular la incidencia y dinámica poblacional del insecto en cada uno de los tratamientos.

3.6.2.2. Porcentaje de Eficacia de los Insecticidas.

Para determinar la eficacia de los insecticidas utilizados en esta investigación se aplicó la fórmula de Henderson y Tilton.

$$E = \left[1 - \left(\frac{Ca}{Ta} \right) \times \left(\frac{Td}{Cd} \right) \right] \times 100$$

Donde

- Ta= Infestación en parcela tratada antes de aplicar el tratamiento.
- Ca= Infestación en parcela testigo antes de aplicar el tratamiento.
- Td= Infestación en parcela tratada después de aplicar el tratamiento.
- Cd= Infestación en parcela testigo después de aplicar el tratamiento.

3.6.2.3. Porcentaje de Incidencia de CSS.

Para la evaluación del porcentaje de incidencia de cinta roja se realizó un monitoreo a los 90 días después de la siembra (dds) sobre las plantas seleccionadas, donde se observó una coloración amarillenta, rojiza o violáceo en las hojas superiores de las plantas, cuya característica corresponde al principal y general síntoma del complejo de la cinta roja. Para determinar el porcentaje de infección se utilizó la siguiente formula.

$$I = \frac{\text{Total de plantas enfermas}}{\text{Total de plantas monitoreadas}} * 100$$

3.6.2.4. Variables Agronómicas y Productivas.

3.6.2.4.1. Altura de Planta (m).

La variable de altura de la planta se efectuó a los 60 días después de la siembra. Para lo cual, se medirán las 30 plantas seleccionadas por parcela, y con la ayuda de un flexómetro se procedió a registrar la información. La altura de la planta fue tomada desde la superficie del suelo hasta donde empieza la ramificación de la panoja.

3.6.2.4.2. Diámetro del Tallo (cm).

Para evaluar el diámetro del tallo de las plantas de maíz, se midieron las 30 plantas seleccionadas, las cuales fueron medidas en la parte baja de la planta con un calibrador una vez transcurrido 60 días después de la siembra.

3.6.2.4.3. Longitud de la Mazorca (cm).

Se midieron 30 mazorcas seleccionadas con una cinta métrica desde la base hasta el ápice de la mazorca cuya medida se fue expresada en cm.

3.6.2.4.4. Diámetro de la Mazorca (cm).

Se determinó el diámetro de las 30 mazorcas correspondientes a cada unidad experimental, cuya medida fue tomada en el centro una vez fue desgranada la mazorca con la ayuda de un calibrador.

3.6.2.4.5. Rendimiento del Grano (Tm/ha).

El rendimiento del grano se obtuvo por medio del peso total del área útil de las parcelas de maíz establecidas. Para evaluar el rendimiento se utilizó la siguiente ecuación:

$$Tm/ha = \frac{\text{Rendimiento por parcela útil (Tm)} * 10000m^2}{\text{Área de parcela útil (m}^2\text{)}}$$

3.7. Tratamiento de los Datos

A las variables respuesta se les aplicó el correspondiente análisis de varianza, y posteriormente se aplicó la prueba de Tukey ($p \leq 0,05$) para la comparación de las medias de los tratamientos. Para la tabulación de los datos se utilizó Excel 2019, desarrollado por Microsoft Corporation. El análisis estadístico se lo ejecutó en Infostat (Versión universitaria 2020.1.2) (157).

3.8. Recursos Humanos y Materiales

3.8.1. Recursos Humanos

- Estudiante Responsable del Proyecto de Investigación
- Docente Directora del Proyecto de Investigación
- Ingenieros de la empresa “BASF” a cargo del seguimiento de proyecto de investigación.

3.8.2. Material de Campo

- Machete
- Cintas de colores
- Flexómetro
- Balanza
- Sacos
- Probetas de plástico
- Jeringas
- Bomba de mochila (20 l) / Aguilón
- Piola
- Libreta de campo
- Azadón
- Estacas
- Rastrillo
- Espeque
- Calibrador

3.8.3. Material Vegetal

Para esta investigación se utilizaron semillas de maíz perteneciente al híbrido EMBLEMA, la cual posee las siguientes características agronómicas; altura de Planta (m): 2,50 – 2,70; altura de mazorca (m): 1,40 – 1,50; día de la floración: 54 – 59; días a cosechar: 125 – 130; resistencia al acame: muy buena; características de la mazorca forma cónica; color de grano: anaranjado rojizo; tipo de Grano: semi-cristalino; cobertura mazorca: buena (158).

3.8.4. Insumos Químicos

a) Insecticidas

- Acetalaq
- Agresor
- Fidelity
- Fastac® Duo
- Engeo
- Sparko
- Imunit

b) Fertilizantes

- MixPac
- UreaPac-S

c) Herbicidas

- Integrity
- Gramoxone

CAPÍTULO IV

RESULTADOS Y DISCUSION

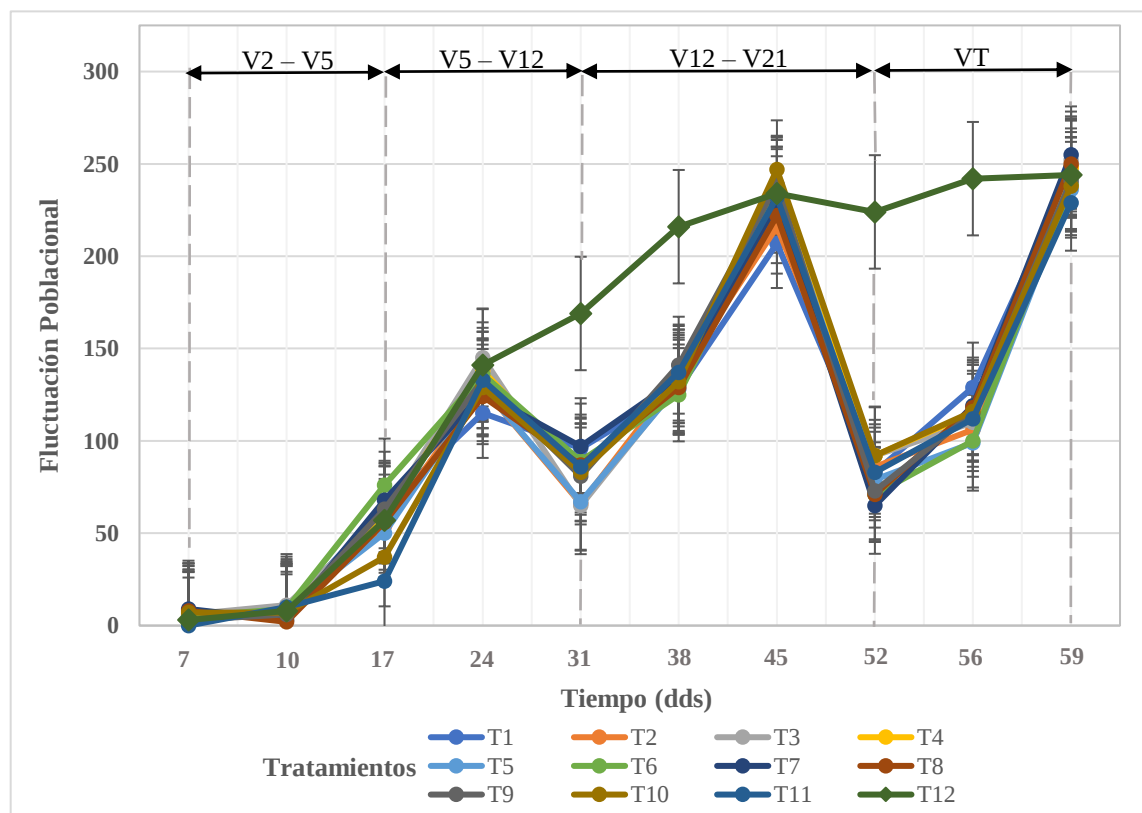
4.1. Resultados

4.1.1. Fluctuación Poblacional de *D. maidis*

De acuerdo con el análisis descriptivo realizado, la dinámica poblacional de *Dalbulus maidis* (figura 9) empieza a incrementar en las etapas vegetativas tempranas (10 – 25 dds) y etapas vegetativas medias (30 – 50 dds) del cultivo. Esta dinámica varía cuando se realizan las aplicaciones de los tratamientos en comparación con el tratamiento testigo. Se puede evidenciar una reducción en las curvas de fluctuación poblacional respecto al número de insectos totales por planta a partir del quinto y octavo monitoreo los cuales se realizaron a los 10 días post aplicación de los tratamientos químicos, y que corresponden al día 31 y día 52 después de la siembra. Para todos los tratamientos (T1 – T11) en los que se realizó aplicaciones de insecticida la fluctuación poblacional de *D. maidis* se mantuvo de manera similar en comparación al tratamiento testigo (T12).

Figura 9

Variación de la fluctuación poblacional de *Dalbulus maidis* respecto a la fenología V(n) y tratamientos aplicados en el cultivo de maíz (*Zea mays* L.).



4.1.1.1. Número de Insectos Totales por Tratamiento.

De acuerdo con el análisis de varianza realizado se determinó el número de insectos por tratamiento obteniendo una significancia del $<0,0001$. El número total de especímenes de *D. maidis* fue evaluado desde el día 7 hasta el día 59 después de la siembra y comparado entre cada tratamiento (tabla 5). El tratamiento 5 (Fastac Duo 0,30 cc/L) fue el tratamiento que presentó menor número de especímenes de *D. maidis* ($\bar{x} = 346,33$ insectos); seguido por el tratamiento 4 (Acetalaq 0,26 g/L) ($\bar{x} = 374,30$ insectos). El tratamiento 12 (Testigo) obtuvo el mayor promedio de insectos contabilizados ($\bar{x} = 512,67$ insectos). No se encontraron diferencias significativas en la cantidad de especímenes de *D. maidis* en los tratamientos 1, 2, 3, 6, 7, 8, 9, 10 y 11.

Tabla 5

Número total de especímenes de D. maidis muestreados por tratamiento.

Tratamientos	Número de especímenes de <i>D. maidis</i>	
	Medias	
T1 (Fastac Duo 0,45 cc/L + Dash MSO Max 0,38 cc/L)	360,00	b c
T2 (Engeo 0,32 cc/L)	351,00	b c
T3 (Fastac Duo 0,45 cc/L + Dash MSO Max 0,32 cc/L)	368,33	b c
T4 (Acetalaq 0,26 g/L)	374,30	b
T5 (Fastac Duo 0,30 cc/L)	346,33	c
T6 (Sparko 0,06 g/L)	361,33	b c
T7 (Imunit 0,51 cc/L + Dash MSO Max 0,38 cc/L)	368,00	b c
T8 (Fidelity 0,51 cc/L)	355,37	b c
T9 (Fastac Duo 0,38 cc/L + Dash MSO Max 0,38 cc/L)	365,00	b c
T10 (Agresor 0,32 cc/L)	362,67	b c
T11 (Fastac Duo 0,45 cc/L)	348,67	b c
T12 (Testigo)	512,67	a
CV%	2,37	

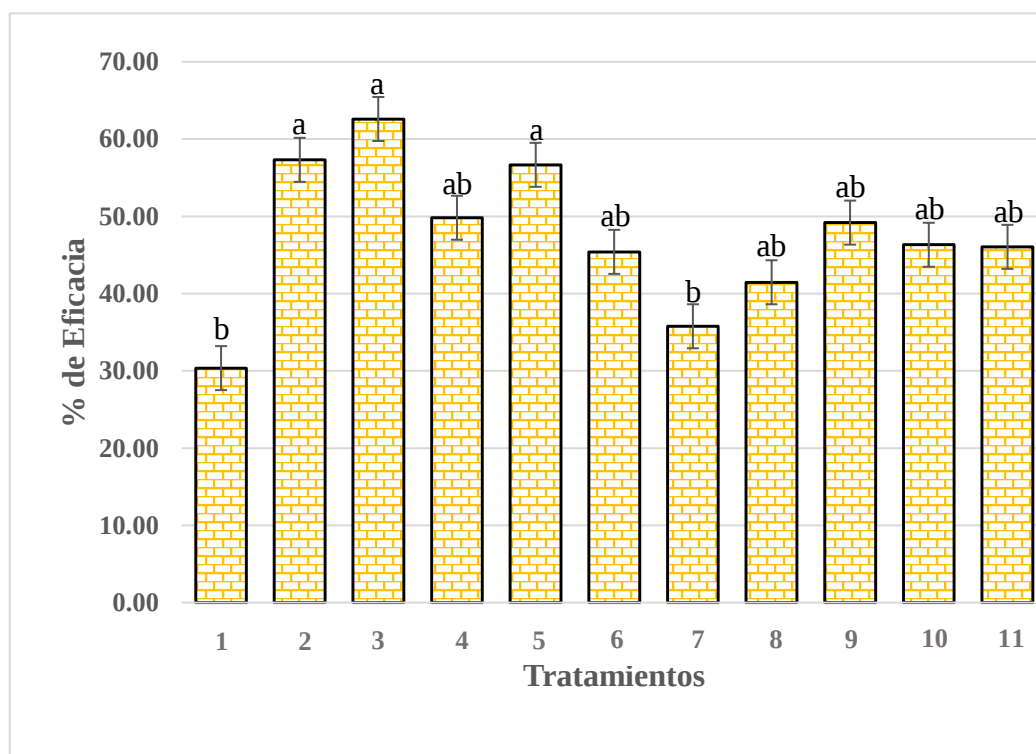
Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$). CV%=Coeficiente de variación.

4.1.2. Porcentaje de eficacia de los insecticidas

De acuerdo con el análisis de varianza realizado se determinó el porcentaje de eficacia de los insecticidas utilizados por tratamiento obteniendo una significancia del $<0,0001$. En la figura 10, se muestra el porcentaje de eficacia que obtuvieron los distintos tratamientos evaluados en la primera aplicación. Se puede evidenciar que los tratamientos 3 (Fastac Duo 0,45 cc/L + Dash MSO Max 0,32 cc/L), el tratamiento 2 (Engeo 0,32 cc/L) y el tratamiento 5 (Fastac Duo 0,30 cc/L) obtuvieron el mayor porcentaje de eficacia para el control de *D. maidis* en la primera aplicación alcanzando 62,6%, 57,31% y 56,67% de eficacia respectivamente, mientras que, los tratamientos 1 (Fastac Duo 0,45 cc/L + Dash MSO Max 0,38 cc/L) y el tratamiento 7 (Imunit 0,51 cc/L + Dash MSO Max 0,38 cc/L) no mostraron diferencias significativas obteniendo los porcentajes más bajos, de 30,35% y 35,77% respectivamente.

Figura 10

Porcentaje de eficacia de los tratamientos evaluados en la primera aplicación de los tratamientos a los 21 días después de la siembra contra Dalbulus maidis en el cultivo de maíz.

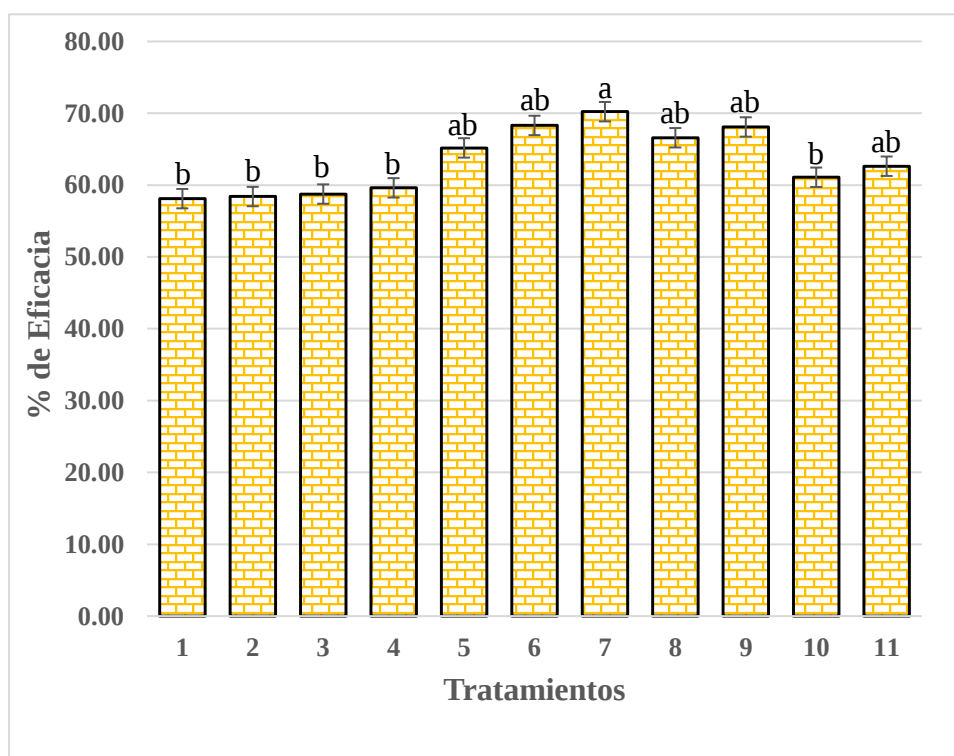


Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$), CV% 9,35

De acuerdo con el análisis de varianza realizado se determinó el porcentaje de eficacia de los insecticidas utilizados por tratamiento obteniendo una significancia del $<0,0001$. En la figura 11, correspondiente a la segunda aplicación de los tratamientos, se puede evidenciar que el tratamiento 7 (Imunit 0,51 cc/L + Dash MSO Max 0,38 cc/L) mostró el mayor porcentaje de eficacia con respecto a los otros tratamientos evaluados (70,22% de eficacia). Los tratamientos 5 (Fastac Duo 0,30 cc/L), 6 (Sparko 0,06 g/L), 8 (Fidelity 0,51 cc/L), 9 (Fastac Duo 0,38 cc/L + Dash MSO Max 0,38 cc/L) y 11 (Fastac Duo 0,45 cc/L) mostraron porcentajes de eficacia semejantes, los cuales variaron entre el 62,63% al 68,30% de eficacia. Los tratamientos 1 (Fastac Duo 0,45 cc/L + Dash MSO Max 0,38 cc/L), 2 (Engeo 0,32 cc/L), 3 (Fastac Duo 0,45 cc/L + Dash MSO Max 0,32 cc/L), 4 (Acetalaq 0,26 g/L), y 10 (Agresor 0,32 cc/L), no mostraron diferencias significativas obteniendo porcentajes de eficacia que variaron entre 58,11% y 61,09%. Existiendo una significancia entre tratamientos de $<0,0001$.

Figura 11

*Porcentaje de eficacia de los tratamientos evaluados en la segunda aplicación a los 42 días después de la siembra contra *Dalbulus maidis* en el cultivo de maíz.*



Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$), CV% 9,32

4.1.3. Porcentaje de incidencia de CSS

De acuerdo con el análisis de varianza realizado, no se encontraron diferencias significativas en el porcentaje de incidencia de infección del complejo de CSS a partir de los 90 dds entre los tratamientos. Los porcentajes variaron entre 62% y 42% sin embargo, la sintomatología de la enfermedad se manifestó en las etapas vegetativas tardías del cultivo, en donde es menos susceptible a la presencia de ésta (tabla 6).

Tabla 6

Porcentaje de incidencia por CSS en plantas de maíz, 90 días después de la siembra

Tratamientos	Porcentaje de incidencia de CSS		
	Pi	Ptm	% de incidencia
T1 (Fastac Duo 0,45 cc/L + Dash MSO Max 0,38 cc/L)	56	90	62%
T2 (Engeo 0,32 cc/L)	55	90	61%
T3 (Fastac Duo 0,45 cc/L + Dash MSO Max 0,32 cc/L)	38	90	42%
T4 (Acetalaq 0,26 g/L)	52	90	57%
T5 (Fastac Duo 0,30 cc/L)	47	90	52%
T6 (Sparko 0,06 g/L)	46	90	51%
T7 (Imunit 0,51 cc/L + Dash MSO Max 0,38 cc/L)	52	90	57%
T8 (Fidelity 0,51 cc/L)	45	90	50%
T9 (Fastac Duo 0,38 cc/L + Dash MSO Max 0,38 cc/L)	50	90	55%
T10 (Agresor 0,32 cc/L)	46	90	51%
T11 (Fastac Duo 0,45 cc/L)	52	90	57%
T12 (Testigo)	54	90	60%

Pi= Plantas infectadas, Ptm= Plantas totales muestreadas. Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$), CV% 2,37

4.1.4. Variables Agronómicas y productivas

De acuerdo con el análisis de varianza, fue posible identificar que existieron diferencias significativas entre los tratamientos para las variables altura, diámetro de planta, longitud y diámetro de la mazorca. No se encontró diferencias significativas entre los tratamientos para la variable rendimiento (Tabla 7).

4.1.4.1. Altura de planta (m).

Para la variable altura de planta, el tratamiento 3 (Fastac Duo 0,45 cc/L + Dash MSO Max 0,32 cc/L) y el tratamiento 4 (Acetalaq 0,26 g/L) sobresalieron con resultados semejantes, obteniendo un promedio de 2,19 m. No se encontraron diferencias entre los tratamientos 2 (Engeo 0,32 cc/L), 5 (Fastac Duo 0,30 cc/L) y 7 (Imunit 0,51 cc/L + Dash MSO Max 0,38 cc/L) quienes obtuvieron un promedio de altura de 2,18 m, así como; entre los tratamientos 6 (Sparko 0,06 g/L), 9 (Fastac Duo 0,38 cc/L + Dash MSO Max 0,38 cc/L) y 10 (Agresor 0,32 cc/L) quienes alcanzaron un promedio de 2,17 m.) El menor promedio de altura lo obtuvo el tratamiento 8 con un promedio de 2,08 m.

4.1.4.2. Diámetro de planta (cm).

Para la variable diámetro de planta, el tratamiento 7 (Imunit 0,51 cc/L + Dash MSO Max 0,38 cc/L) es el que obtuvo mejores resultados consiguiendo un promedio de 2,54 cm; seguido por el tratamiento 4 (Acetalaq 0,26 g/L) que consiguió un promedio de 2,51 cm; mientras que el tratamiento 5 (Fastac Duo 0,30 cc/L) con un promedio de 2,29 cm y el tratamiento 10 (Agresor 0,32 cc/L) con un promedio de 2,24 cm son los que obtuvieron menor desempeño.

4.1.4.3. Longitud de mazorca (cm).

Para la variable longitud de mazorca, el tratamiento 9 (Fastac Duo 0,38 cc/L + Dash MSO Max 0,38 cc/L) es el que obtuvo el resultado más vigoroso con un promedio de 18,16 cm; continuando con el tratamiento 2 (Engeo 0,32 cc/L) que obtuvo un promedio de 18,06 cm; el tratamiento 1 (Fastac Duo 0,45 cc/L + Dash MSO Max 0,38 cc/L) que obtuvo un promedio de 18 cm; mientras que el tratamiento 11 (Fastac Duo 0,45 cc/L) con un promedio de 17,44 cm y el tratamiento 6 (Sparko 0,06 g/L) con un promedio de 17,01 cm son los que obtuvieron menores rendimientos.

4.1.4.4. Diámetro de mazorca (cm).

Para la variable diámetro de mazorca, el tratamiento 1 (Fastac Duo 0,45 cc/L + Dash MSO Max 0,38 cc/L) obtuvo el mejor resultado logrando un promedio de 4,67 cm; seguido por el tratamiento 9 (Fastac Duo 0,38 cc/L + Dash MSO Max 0,38 cc/L) con un promedio de 4,66 cm; mientras que para el tratamiento 11 (Fastac Duo 0,45 cc/L) con un promedio de 4,37 cm; y el tratamiento 6 (Sparko 0,06 g/L) con un promedio de 4,30 cm son los que obtuvieron menores rendimientos.

4.1.4.5. Rendimiento kg/ha.

A pesar de que no existieron diferencias significativas entre tratamientos según se muestra en la tabla 7, los resultados de rendimiento obtenidos variaron entre 3822,92 kg/ha (T2: Engeo 0,32 cc/L) y 2621,53 kg/ha (T6: Sparko 0,06 g/L). A pesar de la considerable presencia del insecto *D. maidis* en todos los tratamientos, la ausencia de diferencia entre los rendimientos no necesariamente pueda deberse a una relación negativa entre la presencia del insecto y el rendimiento ya que, factores como manejo cultural, cantidad de riego, clima, etc. también son influyentes.

Tabla 7

Características agronómicas y productivas del cultivo de maíz expuesto a diferentes tratamientos para el control de Dalbulus maidis.

Características Agronómicas	Altura de Planta (m)	Diámetro de Planta (cm)	Longitud de Mazorca (cm)	Diámetro de Mazorca (cm)	Rendimiento (kg/ha)
Tratamientos					
T1 (Fastac Duo 0,45 cc/L + Dash MSO Max 0,38 cc/L)	2,11 cd	2,46 abc	18,00 abc	4,67 a	3593,75
T2 (Engeo 0,32 cc/L)	2,18 ab	2,42 bcd	18,06 ab	4,56 bcd	3822,92
T3 (Fastac Duo 0,45 cc/L + Dash MSO Max 0,32 cc/L)	2,19 a	2,36 def	17,82 bcd	4,64 abc	3434,03
T4 (Acetalaq 0,26 g/L)	2,19 a	2,51 ab	17,65 de	4,47 def	3079,86
T5 (Fastac Duo 0,30 cc/L)	2,18 ab	2,29 ef	17,73 cde	4,44 efg	3364,58
T6 (Sparko 0,06 g/L)	2,17 abc	2,34 def	17,01 f	4,30 h	2621,53
T7 (Imunit 0,51 cc/L + Dash MSO Max 0,38 cc/L)	2,18 ab	2,54 a	17,85 abcd	4,54 cd	3253,47
T8 (Fidelity 0,51 cc/L)	2,08 d	2,39 cde	17,79 bcd	4,39 fgh	3086,81
T9 (Fastac Duo 0,38 cc/L + Dash MSO Max 0,38 cc/L)	2,17 abc	2,33 def	18,16 a	4,66 ab	3708,33
T10 (Agresor 0,32 cc/L)	2,17 abc	2,24 f	17,66 de	4,53 de	3378,47
T11 (Fastac Duo 0,45 cc/L)	2,12 bcd	2,41 bcd	17,44 e	4,37 gh	2947,92
T12 (Testigo)	2,13 abcd	2,47 abc	17,87 abcd	4,56 bcd	3444,45
CV%	6,50	9,99	3,58	4,53	14,70

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$), CV%=Coeficiente de variación.

4.2. Discusión

En el presente estudio durante todo el ciclo de vida de la planta fue posible verificar la presencia de *D. maidis*, sin embargo, al realizar las aplicaciones de los tratamientos en los que se usó insecticidas la población de esta especie se redujo. La dinámica poblacional del insecto empezó presentándose desde la germinación de las plántulas, sin embargo, fue a partir del día 10 dds que comenzó a incrementar de forma considerable, lo que coincide con lo expuesto por Huang *et al.*, (159), quienes manifiestan que las infestaciones por este insecto ocurren en la primera etapa de desarrollo del cultivo donde es más susceptible a los daños provocado por este (160).

Los grupos de insecticidas utilizados en el estudio pertenecen a los neonicotinoides, piretroides, sulfoximinas, spinosines y benzoilureas, y cada uno de ellos presenta diferentes modos y mecanismos de acción sobre los insectos provocando la reducción de la población de *D. maidis*.

Aunque han sido pocos los estudios buscando insecticidas eficaces para *D. maidis* (82,161,162); en la mayoría de estos se utilizan insecticidas del grupo de los neonicotinoides. El uso de los neonicotinoides ha demostrado ser más eficaces como tratamientos de semillas que aplicándolos por pulverizaciones para controlar a *D. maidis*. Debido a las propiedades sistémicas que tiene este grupo de insecticida, permite que las raíces absorben la sustancia activa de la cubierta de la semilla y la trasladan a todas las partes del cultivo tornándolo tóxico para los insectos que intentan alimentarse (9,96,163). El uso de neonicotinoides permite el control del vector de la cinta roja logrando reducir del 20 al 60 % de las pérdidas de rendimiento por la enfermedad (164).

Acetamiprid es una molécula perteneciente al grupo de neonicotinoides que actúa sobre muchos tipos de receptores de acetilcolina nicotínicos postsinápticos presentes en el sistema nervioso central de los insectos, desencadenando un cuadro de toxicidad definido típico de las reacciones nicotínicas (84,85); y Alfa-cipermetrin es un piretroide que afecta el canal de sodio del sistema nervioso en insectos provocando hiperactividad, incoordinación, parálisis, postración y muerte (102,106).

En el presente estudio todos los tratamientos insecticidas permitieron la reducción de *D. maidis* tanto en la primera como en la segunda aplicación. Sin embargo, el tratamiento 5 (Fastac Duo 0,30 cc/L) obtuvo el menor número de cigarritas muestreadas, esto probablemente se debe a la acción insecticida de Fastac Duo el cual utiliza dos principios activos (Acetamiprid y Alfa-cipermetrin). Los resultados obtenidos se asemejan a lo expuesto por Fatima *et al.*, (165), donde evaluaron estos dos grupos químicos en combinación contra *Maconellicoccus hirsutus* (Hemiptera: Pseudococcidae) y obtuvieron un alto porcentaje de mortalidad.

En lo que respecta a porcentaje de eficacia de los insecticidas para el control de en la primera aplicación los tratamientos que obtuvieron mayor porcentaje de eficacia fue el tratamiento 3 (Fastac Duo 0,45 cc/L +Dash MSO Max 0,32 cc/L). En el tratamiento 3 se utiliza el insecticida Fastac Duo más un coadyuvante a la formulación. Como fue mencionado anteriormente el insecticida Fastac Duo presenta mecanismos de acción sobre el sistema nervioso del insecto con rutas metabólicas distintas que, en combinación, causa su mortalidad de forma rápida y efectiva (16,165). Adicionalmente, en el tratamiento 3 se agregó el coadyuvante Dash MSO Max el cual tiene 3 modos de acción y optimiza la eficiencia de los insecticidas gracias a sus propiedades humectante, penetrante y antievaporante (166), lo que podría estar relacionado al mejor rendimiento con respecto a los demás tratamientos.

Para la segunda aplicación de insecticida el tratamiento 7 (Imunit 0,51 cc/L + Dash MSO Max 0,38 cc/L); permitió el mayor porcentaje de eficacia. El insecticida Imunit combina los ingredientes alfacipermetrin + teflubenzuron En el caso del principio activo alfacipermetrina ya fue mencionado anteriormente el modo y mecanismo de acción, mientras que, el teflubenzuron afecta a la biosíntesis de quitina de los insectos tanto en estado de ninfa como de adulto ocasionando su muerte (116,117,120). La combinación de Alfa-cipermetrin con Teflubenzuron han demostrado eficacia contra insectos plaga como *Spodoptera cilium* (Lepidoptera: Noctuidae) (167), *Scirtothrips dorsalis* (Thysanoptera: Thripidae), *Helicoverpa armígera* y *Spodoptera litura* (Lepidoptera: Noctuidae) (168), sin embargo, no se encontró información de la aplicación de esta combinación de moléculas sobre insectos chupadores de savia como los hemípteros. La combinación de ingredientes activos que presenta este insecticida más el coadyuvante que tiene su formulación permite el control de *D. maidis* y podría ser considerado durante los procesos de manejo y control de esta especie.

A pesar de que en el cultivo de maíz se identificó “cinta roja” su presencia fue tardía (90 después de la siembra) las plantas presentaron los síntomas de coloración amarillenta, rojiza o violáceo en las hojas superiores, lo que concuerda con lo expuesto por varios autores quienes exponen que cuando las plantas se inoculan antes en su crecimiento, el patógeno tiene más tiempo para multiplicarse y propagarse por toda la planta, lo que podría resultar en síntomas más agresivos como atrofiamiento, afectación a la formación del grano, inhibición completa de la mazorca, reducción drástica del rendimiento, etc. (17,82,169).

El comportamiento agronómico del cultivo de maíz en el que se evaluó altura y diámetro de planta, longitud y diámetro de la mazorca fue diferente entre los tratamientos, sin embargo, esta diferencia no es exagerada. Aunque los tratamientos fueron manejados agronómicamente igual (riego, fertilización, control de malezas) probablemente estas diferencias se deben al tipo de riego utilizado el cual fue con un aspersor de tipo cañón con un radio de alcance de 30m; una de las desventajas del uso de este tipo de riego es que no todas las plantas reciben la misma cantidad de agua, lo que puede afectar sus características agronómicas durante su desarrollo (170). Para este estudio no podemos asegurar que las variaciones en altura y diámetro de planta, longitud y diámetro de la mazorca se deban al uso de los insecticidas usados, lo que coincide con Uriña *et al.*, (2), quienes mencionan que la aplicación de insecticidas no interfiere en el comportamiento agronómico del cultivo, pero si previene el ataque de plagas que pueden causar pérdidas en los cultivos por disminución de los rendimientos.

Para obtener un excelente rendimiento del cultivo de maíz se debe considerar el híbrido usado, el manejo agronómico, factores ambientales, control de plagas enfermedades, riego adecuado (171,172). Para este estudio no se encontraron diferencias en el rendimiento del cultivo entre los tratamientos.

El híbrido de maíz utilizado (Emblema) alcanza rendimientos de 8.98 t/ha (172), para este estudio se obtuvieron rendimientos entre 2,9 y 3,8 t/ha. Como fue mencionado anteriormente, existen factores bióticos y abióticos que pueden perjudicar directamente el rendimiento de los cultivos. Para este estudio, no podemos asegurar que la presencia de la cigarrita (*D. maidis*) y CSS (*S. kunkelii*) están relacionados con los rendimientos obtenidos. Otros factores como condiciones ambientales, manejo agronómico, fertilidad de suelos, riego deben ser evaluado en futuros estudios.

CAPÍTULO V

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1. Conclusiones

- Los insecticidas Acetalq, Agresor, Fidelity, Fastac Duo, Engeo, Imunit y Sparko modificaron la fluctuación poblacional de *Dalbulus maidis* durante las dos aplicaciones realizadas a los 21 dds y 42 dds; esto debido a la reducción de los individuos en las etapas vegetativas tempranas del cultivo de maíz.
- El insecticida Fastac Duo (0,45 cc/L +Dash MSO Max 0,32 cc/L) y el insecticida Imunit (0,51 cc/L + Dash MSO Max 0,38 cc/L) alcanzaron el mayor porcentaje de eficacia en el control de *D. maidis* en la primera y segunda aplicación en el cultivo de maíz con 62,6% y 72,2% respectivamente.
- Las variables agronómicas: altura y diámetro de planta, longitud y diámetro de la mazorca varía entre los tratamientos, sin embargo, no se evidenció que un solo tratamiento sobresalga en todas las variables evaluadas.
- El rendimiento del cultivo de maíz fue similar entre los tratamientos evaluados con resultados que varían entre 2947,92 kg/ha (T11: Fastac Duo 0,45 cc/L) y 3822,22 kg/ha (T2: Engeo 0,32 cc/L).

5.2. Recomendaciones

- Considerar la alta movilidad de *D. maidis* en el cultivo de maíz; se recomienda establecer parcelas de estudio de mayor dimensión con la finalidad de reducir la posibilidad de que un mismo insecto migre a la parcela aledaña durante las evaluaciones.
- Utilizar Fastac Duo en dosis de 0,30 cc/L para controlar la proliferación de *D. maidis* en los primeros estadios del cultivo de maíz y el insecticida Imunit 0,51 cc/L + Dash MSO Max 0,38 cc/L en etapas avanzadas del cultivo.
- Implementar técnicas biotecnológicas para una correcta identificación del agente causal de cinta roja como la implementación de cebadores y sondas TaqMan mediante protocolos basados en PCR en tiempo real (qPCR).
- Evaluar en futuras investigaciones factores bióticos y abióticos adicionales relacionados a la obtención de rendimientos del cultivo de maíz más altos, así como técnicas adicionales para el control y manejo de *D. maidis*.

CAPÍTULO VI

BIBLIOGRAFÍA

6.1. Bibliografía

1. Estrada M. Principales enfermedades del Maiz (*Zea mays* L.) en Ecuador. Revista Científica Agroecosistemas. 2021; 9(2).
2. Uriña M, Peña C, Centanaro P. Respuesta agronómica del cultivo de maíz(*Zea mays*): aplicación de insecticidas para el control del vector de la cinta roja (*Spiroplasma kunkellii*). Pro Sciences Revista de Produccion, Ciencia e Investigacion. 2019; 3(27).
3. Todd J, Harris M, Nault L. Importance of color stimuli in host-finding by *Dalbulus* leafhoppers. Entomol Exp App. 1990; 54: p. 245-255.
4. Alvites S. Insectos que atacan el cultivo de maiz. Divulgativo. Huacho: Universidad Nacional "Jose Faustino Sanchez Carrion".
5. Oliveira C, Spotti J, Aranha L, Pelegriñelli M, Nault L. Genetic Diversity in Populations of *Dalbulus maidis* (DeLong and Wolcott) (Hemiptera: Cicadellidae) from Distant Localities in Brazil Assessed by Rapid-Pcr Markers. Environmental Entomology. 2014;; p. 204–21.
6. Valarezo O, Cañarte B, Navarrete J. La "Chicharrita" *Dalbulus maidis* y su manejo en el cultivo de maiz. Plegable Divulgativo no. 305. Portoviejo: INIAP, Estación Experimental Portoviejo, Departamento Nacional de Protección Vegetal.
7. Caviedes M, Alban G, Zambrano J, Yanez C. Memorias de la XXII Reunion Latinoamericana del Maiz. Divulgativo Científico. Quevedo: Universidad San Francisco de Quito.ISSN 2528-7753.
8. Jones T, Medina R. Corn Stunt Disease: An Ideal Insect–Microbial–Plant Pathosystem for Comprehensive Studies of Vector-Borne Plant Diseases of Corn. Plants. 2020.
9. Valarezo C, Valarezo N. Evaluación del efecto de imidacloprid para el combate de *Dalbulus maidis* (Hemiptera: Cicadellidae) en dos híbridos de maíz, en el valle del río Portoviejo. La Técnica. 2014;(13).
10. Palomino M, Villaseca P. Eficacia y residualidad de dos insecticidas piretroides contra *Triatoma infestans* en tres tipos de vivienda. Revista Peruana de Medicina Experimental y Salud Pública. 2008; 9(16).
11. Hammann I, Sirrenberg W. Laboratory evaluation of SIR 8514, a new chitin synthesis inhibitor of the benzoylated urea class. Pflanzenschutz-Nachrichten Bayer. 1980; 33(1).
12. Ponce G, Cantú P, Flores A, Badii M, Zapata R, López B, et al. Modo de acción de los insecticidas. RESPYN Revista Salud Pública y Nutrición. 2006.

13. Shimat V. Lethal and Sublethal Effects of Organically-Approved Insecticides against *Bagrada hilaris* (Hemiptera: Pentatomidae). *Journal of Entomological Science*. 2018; 53(3).
14. Kangsheng M, Qiuling T, Jin X, Nannan L, Xiwu G. Fitness costs of sulfoxaflor resistance in the cotton aphid, *Aphis gossypii* Glover. *Pesticide Biochemistry and Physiology*. 2019; 158.
15. Sparks TCG, Benko Z, Demeter D, Giampietro N, Lambert W, Brown A. The spinosyns, spinosad, spinetoram, and synthetic spinosyn mimics-discovery, exploration, and evolution of a natural product chemistry and the impact of computational tools. *Pest Management Science*. 2020; 77(8).
16. Victoriano F, Barrón O, Estrada B, Cancino J, Vega J, Garay J. Control químico de *Leptodictya plana* (Hemiptera: Tingidae) y daño foliar en cultivos de *Cenchrus purpureus*. *Revista Fitotecnia Mexicana*. 2021; 44(4).
17. Cuadra P, Maes J. Problemas asociados al muestreo de *Dalbulus maidis* Delong & Wolcott en maíz en Nicaragua. *Revista Nicaraguense de Entomología*. 1990; 13(29).
18. Ruiz M. unisem. [Online]; 2018. Disponible en: <https://semillastodoterreno.com/2018/09/principales-enfermedades-del-cultivo-de-maiz>.
19. Ministerio de Agricultura, Ganadería, Acuacultura y Pesca (MAGAP). <https://www.agricultura.gob.ec/>. [Online]; 2017. Disponible en: <https://www.agricultura.gob.ec/magap-inicia-acciones-en-provincias-declaradas-en-emergencia/>.
20. Argüello H, Rueda A&RM. Guía para el reconocimiento y manejo de virosis en cultivos hortícolas. Divulgativo Científico. Escuela Agrícola Panamericana Zamorano, Programa de Manejo Integrado de Plagas en América Central (PROMIPAC-ZAMORANO-COSUDE).
21. Martínez E. Manejo integrado de Plagas. Texto Básico. Managua : Universidad Nacional Agraria.
22. Nielson M. Biology of the Geminata Leafhopper *Colladonus geminatus* (Cicadellidae) in Oregon. *Ann. entomol. Soc. Am.* 1968; 61(3).
23. IRAC - Argentina. Modos de Acción. [Online]; 2023. Acceso 04 de Junio de 2023. Disponible en: <https://irac-argentina.org/modos-de-accion/>.
24. Insecticide Resistance Action Committee (IRAC). Clasificación del modo de acción de insecticidas y acaricidas. [Online]; 2022. Acceso 04 de Junio de 2023. Disponible

- en: <https://irac-online.org/documents/folleto-modo-de-accion-insecticidas-y-acaricidas/>.
25. Austrias M. Maíz, de alimento sagrado a negocio del hambre Quito ; 2004.
 26. Echeverria J, Muñoz C. Maiz: Regalo de los Dioses (IOA) IOdA, editor.; 1988.
 27. Carrillo C. El origen del maíz naturaleza y cultura en Mesoamérica. Ciencias. 2009; 4(13).
 28. Piperno D. Aboriginal Agriculture and Land Usage in the Amazon Basin, Ecuador. Journal of Archaeological Science. 1990; 17.
 29. Marcos J. Los pueblos navegantes del Ecuador prehispánico. Primera ed. Quito: Abya-Yala; 2005.
 30. Caviedes M, Carvajal F, Zambrano J. Tecnologías para el cultivo de maíz (Zea mays. L). Avances en Ciencias e Ingenieria (ACI). 2022; 14(1).
 31. AgroBayerEcuador. Cultivo de Maíz. [Online]; 2022. Disponible en: <https://www.agro.bayer.ec/es-ec/cultivos/maiz.html>.
 32. Normas Ecuatorianas de la Construcción. Encuesta de Superficie y Producción Agropecuaria Continua 2020. Encuesta. Encuesta de Superficie y Producción Agropecuaria Continua.
 33. Vélez G, Wiederkehr H, Álvarez A. Semillas en la economía campesina. Revista Semillas. 2004;(22/23).
 34. Catalogue of Life (COL). Zea mays L. [Online]; 2020. Acceso 21 de Mayo de 2023. Disponible en: <https://www.catalogueoflife.org/data/taxon/5CXX5>.
 35. Freeling M, Walbot V. The Maize Handbook New York: Springer; 1994.
 36. Paliwal L. Morfología del maíz. En Paliwal L, Granados G, Lafitte R, Violic A. EL MAÍZ EN LOS TRÓPICOS: Mejoramiento y producción. Roma: FAO; 2001.
 37. Endicott S, Brueland B, Keith R, Schon R, Bremer C, Farnham D, et al. Maíz: Crecimiento y Desarrollo..
 38. Peñaherrera D, Merchán M, Yáñez C, Zambrano J, Racines M. Guía para facilitar el aprendizaje en el manejo integrado del cultivo Maíz de Altura. Divulgativo. Quito: Estación Experimental Santa Catalina. ISBN: 978-9942-38-498-0.
 39. Kogut P. Growing Corn: How To Plant, Care, & Harvest Fruitfully. [Online]; 2023. Disponible en: <https://eos.com/blog/how-to-grow-corn/>.

40. Violic A. Manejo Integrado de Cultivos. En Paliwal L,GG,LR&VA. EL MAÍZ EN LOS TRÓPICOS: Mejoramiento y producción. Roma; 2001.
41. Páliz V, Mendoza J. Plagas del maíz (*Zea mays*) en el Litoral ecuatoriano, sus características y control Quevedo: EC: INIAP, Estación Experimental Tropical Pichilingue, Programa Nacional de Sanidad Vegetal; 1999.
42. Druetta M, Luna I, Paz M. El Achaparramiento del maiz por Corn Stunt Spiroplasma (CSS) Spiroplasma kunkelii. Divulgativo Cientifico. Instituto Nacional de Tecnologia Agropecuaria.
43. Bai X. Tesis de Ph.D. Graduate School of The Ohio State University, USA. [Online].; 2004.. Disponible en: https://etd.ohiolink.edu/apexprod/rws_etd/send_file/send?accession=osu1101752677&disposition=inline.
44. Hogenhout S, Loria R. Virulence mechanisms of Gram-positive plant pathogenic bacteria. Current Opinion in Plant Biology. 2008;; p. 449-456.
45. Pitre H. Notes on the life history of dalbulus maidis on gama grass and plant susceptibility to the corn stunt disease agent. Journal of Economic Entomology. 1970 .
46. Madden L, Nault R. Differential pathogenicity of corn stunting mollicutes to leafhopper vectors in Dalbulus and Baldulus species. Phytopathology. 1983;; p. 1608-1614.
47. Schoch C, Ciufo S, Domrachev M, Hotton C, Kannan S, Khovanskaya R, et al. Taxonomy Browser. NCBI Taxonomy: a comprehensive update on curation, resources and tools. 2020.
48. Davis R, Shao J, Dally E, Zhao Y, Gasparich G, Gaynor B, et al. Complete Genome Sequence of Spiroplasma kunkelii Strain CR2-3x, Causal Agent of Corn Stunt Disease in Zea mays L. Genome Announcements. 2015.
49. Carpane C, Melcher U, Wayadande A, Gimenez M, Laguna G, Dolezal W, et al. An analysis of the genomic variability of the phytopathogenic mollicute Spiroplasma kunkelii. Phytopathology. 2013;; p. 129-134.
50. Arismendi N, Carrillo R, Andrade N. Mollicutes fitopatógenos transmitidos por insectos: interacciones y efectos en sus vectores. Agro Sur. 2010;; p. 55-67.
51. Clark T. Spiroplasmas: diversity of arthropod reservoirs and host-parasite relationships. Science. 1982;; p. 57-59.
52. Markham P. Spiroplasmas in leafhoppers: a review. Yale Journal of Biology and Medicine. 1983.

53. Özbek E, Miller S, Meulia T, Hogenhout S. Infection and replication sites of *Spiroplasma kunkelii* (Class: Mollicutes) in midgut and Malpighian tubules of the leafhopper *Dalbulus maidis*. *Journal of Invertebrate Pathology*. 2003;; p. 167-175.
54. Sauer F, Mulvey M, Schilling J, Martinez J, Hultgren S. Bacterial pili: molecular mechanisms of pathogenesis. *Current Opinion in Microbiology*. 2000;; p. 65-72.
55. Cotran R, Kumar V, Collins T. Robbins Pathologic Basis of Disease (Robbins Pathology) Philadelphia: Saunders; 1999.
56. Madden LNL, Heady S, Styer W. Effect of maize stunting mollicutes on survival and fecundity of *Dalbulus* leafhopper vectors. *Annals of Applied Biology*. 1984;; p. 431-441.
57. Markham P, Townsend R, Plaskitt K, Saglio P. Transmission of corn stunt to dicotyledonous plants. *Plant Disease Reporter*. 1977;; p. 342-345.
58. Alivizatos A. Corn stunt spiroplasma in dicotyledonous plants. *Phytopathologische Zeitschrift*. 1984;; p. 148-155.
59. Tsai J, Miller J. Corn Stunt Spiroplasma. Florida .
60. Wei W, Opgenorth D, Davis R, Chang C, Summers C, Zhao Y. Characterization of a Novel Adhesin-like Gene and Design of a Real-Time PCR for Rapid, Sensitive, and Specific Detection of *Spiroplasma kunkelii*. *Plant Disease*. 2006.
61. Agudelo F, Rodriguez J, Villalobos J, Parody J. Manual de Enfermedades y Plagas Maiz. Divulgativo Cientifico. Advanta Seed International.ISBN 978-958-53980-1-6.
62. Agudelo F, Greicy A. Enfermedades del Maiz y su manejo. Compendio Ilustrado. Palmira: Instituto Colombiano Agropecuario , Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural.ISBN 978-958-97902-3-6.
63. Hernández C. Comportamiento del achaparramiento del maiz (*Spiroplasma kunkelii*). Tesis Pregrado. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro.
64. Valarezo O, Muñoz X, Intriago. M. Biología de la “chicharrita” *Dalbulus maidis* (Homoptera: Cicadellidae) y confirmación de su capacidad como vector del complejo viral de la Cinta Roja del maíz. *La Técnica*. 2013;(9).
65. Madden LNL, Heady S, Styer W. Effect of temperature on the population dynamics of three *Dalbulus* leafhopper species. *Annals of Applied Biology*. 1986;; p. 475-485.
66. Bellota E, Flores A, Bernal J. A Bird in the Hand Versus Two in the Bush? The Specialist Leafhopper *Dalbulus maidis* (Hemiptera: Cicadellidae) Does Not Discriminate Against Sub-optimal Host Plants (*Zea* spp.). *Neotropical Entomology*. 2017;; p. 171–180.

67. King A, Saunders J. Las plagas invertebradas de cultivos anuales alimenticios en América Central: una guía para su reconocimiento y control: CATIE, Turrialba (Costa Rica) Administración de Desarrollo Exterior. Instituto de Investigación y Desarrollo Tropical (Londres); 1984.
68. Casuso M. *Dalbulus maidis* (De Long y Wolcott) (Hemiptera: Cicadellidae): una plaga que va cobrando importancia en los maíces del sudoeste chaqueño. Ministerio de Agroindustria.
69. Pliego J. Manejo Integrado de Plagas en el cultivo de maíz. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro.
70. Programa Regional de Investigación e Innovación por Cadenas de Valor Agrícola (PRIICA). Trampas para el control de plagas en los cultivos. Boletín. Managua.
71. Meyerdirk D. Evaluation of trap color and height placement for monitoring *Circulifer tenellus* (Baker) (Homoptera: Cicadellidae). *The Canadian Entomologist*. 1985; 117: 505-511.
72. Mensah H. Evaluation of the coloured sticky traps for monitoring population of *Austroasca virigrisea* (Paoli) (Hemiptera: Cicadellidae) on cotton farms. *Australian Journal of Entomology*. 1996; 35: 349-353.
73. Weintraub P, Beanland L. Insect vectors of phytoplasmas. *Annu Rev Entomol*. 2006; 51.
74. Mooney H, Gulmon S. Constraints on Leaf Structure and Function in Reference to Herbivory. *BioScience*. 1982;; p. 198-201+204-206.
75. McNeill S, Southwood T. The role of nitrogen in the development of insect-plant relationships. En Harborne J. *Biochemical Aspects and Animal Co-evolution*. London: Academic Press; 1978. p. 77-98.
76. Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias (INIAP). Programa de Maiz. Técnico Anual..
77. Moya G, Chacón N, Palomera V, Becerra I, Bernal J. Effects of Corn Stunt *Spiroplasma* on Survival of *Dalbulus maidis* (Hemiptera: Cicadellidae) Parasitized or Preyed upon by *Gonatopus bartletti* (Hymenoptera: Dryinidae) or Infected by *Metarhizium anisopliae*. *Annals of the Entomological Society of America*. 2008;; p. 113-118.
78. Sijen T, Vijn I, Rebocho A, van-Blokland R, Roelofs D, Mol J, et al. Transcriptional and posttranscriptional gene silencing are mechanistically related. *Current Biology*. 2001.

79. Ossa L, Padilla D, Sánchez L, Fuentes L. Silenciamiento génico en insectos plaga que afectan la industria agrícola usando ARN de interferencia. NOVA. 2022;; p. 159-176.
80. Dalaisón L, Pascual A, Gazza E, Welchen E, Rivera R, Catalano M. Development of efficient RNAi methods in the corn leafhopper *Dalbulus maidis*, a promising application for pest control. Pest Management Science. 2022.
81. Cañarte E, Navarrete J, Solórzano R. Reconozca y controle a los principales insectos-plaga del maíz. Boletín. Portoviejo: INIAP, Estación Experimental Portoviejo, Departamento de Entomología.EC-INIAP-BEEP-LA. Portoviejo (INIAP/C01-2016).
82. Oliveira C, Oliveira E, Canuto M, Cruz I. Controle químico da cigarrinha-do-milho e incidência dos enfezamentos causados por mollicutes. Pesquisa Agropecuária Brasileira. 2007; 42(3).
83. Insecticide Resistance Action Committee (IRAC). Clasificación del Modo de Acción. Póster Edición 7. Insecticide Resistance Action Committee.
84. Yamamoto J, Casida J. Nicotinoid Insecticides and the Nicotinic Acetylcholine Receptor. 1999th ed. Tokyo: Springer; 1999.
85. Schroeder M, Flattum R. The mode of action and neurotoxic properties of the nitromethylene heterocycle insecticides. Pesticide Biochemistry and Physiology. 1984; 22(2).
86. British Crop Protection Council (BCPC). The BCPC conference pests & diseases 2002. En: The BCPC conference pests & diseases 2002Brighton, Reino Unido: British Crop Protection Council; 2002 p. 137-144.
87. European Molecular Biology Laboratory - European Bioinformatics Institute (EMBL-EBI). Compounds. [Online]; 2023. Disponible en: https://www.ebi.ac.uk/chembl/g/#search_results/all.
88. Moriya K, Shibuya K, Hattori Y, Tsuboi S, Shiokawa K, Kagabu S. 1-(6-Chloronicotiny)-2-nitroimino-imidazolidines and Related Compounds as Potential New Insecticides. Bioscience, Biotechnology, and Biochemistry. 1992; 56(2).
89. Moriya K, Shibuya K, Hattori Y, Tsuboi S, Shiokawa K, Kagabu S. Structural Modification of the 6-Chloropyridyl Moiety in the Imidacloprid, Skeleton: Introduction of a Five-membered Heteroaromatic Ring and the Resulting Insecticidal Activity. Bioscience, Biotechnology, and Biochemistry. 1993; 57(1).
90. Kagabu S. Chloronicotiny insecticides-discovery, application and future perspective. Revista de Toxicología. 1997; 1.

91. Kagabu S. Molecular Design of Neonicotinoids: Past, Present and Future. En Voss G, Ramos R, editores. *Chemistry of Crop Protection: Progress and Prospects in Science and Regulation.*: Wiley-VCH Verlag GmbH; 2002. p. 193-212.
92. Tomizawa M, Yamamoto I. Structure-Activity Relationships of Nicotinoids and Imidacloprid Analogs. *Journal of Pesticide Science*. 1993; 18(1).
93. Tomizawa M, Casida J. Selective toxicity of neonicotinoids attributable to specificity of insect and mammalian nicotinic receptors. *Annual Review of Entomology*. 2003; 48.
94. Methfessel C. Action of imidacloprid on the nicotinergerg acetylcholine receptors in rat muscle. *Pflanzenschutz-Nachrichten Bayer*. 1992; 45(3).
95. Maienfisch P, Angst M, Brandl F, Fischer W, Hofer D, Kayser H, et al. Chemistry and biology of thiamethoxam: a second generation neonicotinoid. *Pest Managment Science*. 2001; 57(10).
96. Jeschke P, Nauen N, Schindler M, Elbert A. Overview of the Status and Global Strategy for Neonicotinoids. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. 2010; 59(7).
97. Goulson D. An overview of the environmental risks posed by neonicotinoid insecticides. *Journal of Applied Ecology*. 2013; 50(4).
98. Domingues C, Camargo F, Balsamo P, Pereira B, Hausen M, Costa M, et al. Thiamethoxam and picoxystrobin reduce the survival and overload the hepatonephrotoxic system of the Africanized honeybee. *Chemosphere*. 2017; 186.
99. Nauen R, Ebbinghaus U, Salgado V, Kaussmann M. Thiamethoxam A Neonicotinoid Precursor Converted to Clothianidin in Insects and Plants. *Pesticide Biochemistry and Physiology*. 2003; 76(2).
100. Amweg E, Weston D, Ureda N. Use and toxicity of pyrethroid pesticides in the Central Valley, California, USA. *Environmental Toxicology and Chemistry*. 2009; 24(4).
101. Ortíz I, Avila M, Torres L. Plaguicidas en México: usos, riesgos y marco regulatorio. *Revista Latinoamericana de Biotecnología Ambiental y Algal*. 2014; 5(1).
102. Lhoste J. Deltamethrin monograph Paris : Roussel-Uclaf, [Marseilles] ; 1982.
103. Alzogara R, Zerba E. Temperature effect on the insecticidal activity of pyrethroids on triatoma infestans. *Comparative Biochemistry and Physiology Part C: Comparative Pharmacology*. 1993; 104(3).

104. Bradbury S, Coats J. Toxicokinetics and toxicodynamics of pyrethroid insecticides in fish. *Environmental Toxicology and Chemistry*. 1989; 8(5).
105. Shafera T, Meyerb D. Effects of pyrethroids on voltage-sensitive calcium channels: a critical evaluation of strengths, weaknesses, data needs, and relationship to assessment of cumulative neurotoxicity. *Toxicology and Applied Pharmacology*. 2004; 196(2).
106. He L, Troiano J, Wang A, Goh K. Environmental Chemistry, Ecotoxicity, and Fate of Lambda-Cyhalothrin. En Whitacre DM, editor. *Reviews of Environmental Contamination and Toxicology* 195. 1st ed. Nuea York: Springer; 2008. p. 71-91.
107. Nasuti C, Cantalamessa F, Falcioni G, Gabbianelli R. Different effects of Type I and Type II pyrethroids on erythrocyte plasma membrane properties and enzymatic activity in rats. *Toxicology*. 2003; 191(2-3).
108. Costa L. Toxic Effects of Pesticides. En Curtis D. Klaassen P, editor. *Casarett and Doull's Toxicology: The Basic Science of Poisons.*: McGraw-Hill; 2013. p. Capítulo 22.
109. Burr S, Ray D. Structure-activity and interaction effects of 14 different pyrethroids on voltage-gated chloride ion channels. *Toxicological Sciences*. 2004; 77(2).
110. Ghazouani L, Feriani A, Mufti A, Tir M, Baaziz I, Mansour H, et al. Toxic effect of alpha cypermethrin, an environmental pollutant, on myocardial tissue in male wistar rats. *Environmental Science and Pollution Research*. 2019; 30(1).
111. Hill I. Aquatic organisms and pyrethroids. *Pesticide Science*. 1989; 27(4).
112. Solomon K, Giddings J, Maund S. Probabilistic risk assessment of cotton pyrethroids: I. Distributional analyses of laboratory aquatic toxicity data. *Environmental Toxicology and Chemistry*. 2009; 20(3).
113. Gür Ö, Özdal M, Algur Ö. Biodegradation of the synthetic pyrethroid insecticide α -cypermethrin by *Stenotrophomonas maltophilia* OG2. *Turkish Journal of Biology*. 2014; 38(5).
114. Daalen J, Meltzer J, Mulder R, Wellinga K. A selective insecticide with a novel mode of action. *Naturwissenschaften*. 1972;; p. 312-313.
115. Sun R, Liu C, Zhang H, Wang Q. Benzoylurea Chitin Synthesis Inhibitors. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. 2015;; p. 6847–6865.
116. Grosscurt A. Diflubenzuron: Some aspects of its ovicidal and larvicidal mode of action and an evaluation of its practical possibilities. *Pest Management Science*. 1978; 9(5).

117. Hajjar N, Casida J. Structure-activity relationships of benzoylphenyl ureas as toxicants and chitin synthesis inhibitors in *Oncopeltus fasciatus*. *Pesticide Biochemistry and Physiology*. 1979; 11(1-3).
118. Maas W, Hes R, Grosscurt A, Deul D. Benzoylphenylurea Insecticides. En Wegler R, editor. *Insektizide · Bakterizide · Oomyceten-Fungizide / Biochemische und biologische Methoden · Naturstoffe / Insecticides · Bactericides · Oomycete Fungicides / Biochemical and Biological Methods · Natural Products*. Berlin: Springer; 1981. p. 423-470.
119. Retnakaran A, Granett J, Ennis T. Insect growth regulators. En Kerkut G, Gilbert L, editores. *Comprehensive Insect Physiology, Biochemistry and Pharmacology*. Inglaterra: Pergamon Press; 1985. p. 529-601.
120. Granett J. Potential of benzoylphenyl ureas in integrated pest management. En James E. Wright AR, editor. *Chitin and Benzoylphenyl Ureas*. Dordrecht: Springer ; 1987. p. 283-302.
121. European Food Safety Authority (EFSA). Conclusion regarding the peer review of the pesticide risk assessment of the active substance teflubenzuron. *EFSA Journal*. 2009; 7(1).
122. Cycoń M, Wójcik M, Borymski S, Piotrowska-Seget Z. A broad-spectrum analysis of the effects of teflubenzuron exposure on the biochemical activities and microbial community structure of soil. *Journal of Environmental Management*. 2012; 108.
123. Jeschke P, Witschel M, Krämer W, Schirmer U. *Modern Crop Protection Compounds*. Tercera ed. Jeschke Peter WMKWSU, editor. Alemania: Wiley-VCH; 2019.
124. Kahn E. *All in a century: The first 100 years of Eli Lilly and Company*: Kahn; 1975.
125. Kirst H, Michel K, Mynderase J, Chio YR, Nakasukasa W, Boeck L, et al. Discovery, Isolation, and Structure Elucidation of a Family of Structurally Unique, Fermentation-Derived Tetracyclic Macrolides. *Synthesis and Chemistry of Agrochemicals III*. 1992;: p. 214-225.
126. Thompson G, Dutton R, Sparks T. Spinosad – a case study: an example from a natural products discovery programme. *Pest Management Science*. 2000;: p. 696-702.
127. Salgado V. Studies on the Mode of Action of Spinosad: Insect Symptoms and Physiological Correlates. *Pesticide Biochemistry and Physiology*. 1998; 60(2).
128. Sparks T, Crouse G, Durst G. Natural products as insecticides: the biology, biochemistry and quantitative structure–activity relationships of spinosyns and spinosoids. *Pest Management Science*. 2001; 57(10).

129. Matabanchoy J, Jimena J, Bustillo A. Eficacia de insecticidas en el control de *Haplaxius crudus*, vector de la Marchitez letal en palma de aceite. En: XV Reunión Técnica Nacional de Palma de AceiteBucaramanga; 2019
130. Sparks T, Anzeveno P, Martynow J, Gifford J, Hertlein M, Worden T, et al. The Application of Artificial Neural Networks to the Identification of New Spinosoids with Improved Biological Activity toward Larvae of *Heliothis virescens*. *Pesticide Biochemistry and Physiology*. 2000;; p. 187-197.
131. Sparks T, Crouse G, Dripps J, Anzeveno P, Martynow J, Deamicis C, et al. Neural network-based QSAR and insecticide discovery: spinetoram. *Journal of Computer-Aided Molecular Design*. 2008;; p. 393-401.
132. Dripps J, Olson B, Sparks T, Crouse G. Spinetoram: How Artificial Intelligence Combined Natural Fermentation with Synthetic Chemistry to Produce a New Spinosyn Insecticide. *Plant Health Progress*. 2008.
133. Bacci L, Lupi D, Savoldelli L, Rossaro B. A review of Spinosyns, a derivative of biological acting substances as a class of insecticides with a broad range of action against many insect pests. *Journal of Entomological and Acarological Research*. 2016; 48(1).
134. Chen X, Ma K, Li F, Liang P, Liu Y, Guo T, et al. Sublethal and transgenerational effects of sulfoxaflor on the biological traits of the cotton aphid, *Aphis gossypii* Glover (Hemiptera: Aphididae). *Ecotoxicology*. 2016; 25.
135. Yu H, Qin Z, Dai H, Zhang X, Qin X, Wang T, et al. Synthesis and Insecticidal Activity of N-Substituted (1,3-Thiazole)alkyl Sulfoximine Derivatives. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. 2008; 56(23).
136. Frings M, Thomé I, Bolm C. Synthesis of chiral sulfoximine-based thioureas and their application in asymmetric organocatalysis. *Beilstein Journal of Organic Chemistry*. 2012; 8.
137. Zhu Y, Loso M, Watson G, Sparks T, Rogers R, Huang J, et al. Discovery and Characterization of Sulfoxaflor, a Novel Insecticide Targeting Sap-Feeding Pests. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. 2010; 59(7).
138. Watson G, Loso M, Babcock J, Hasler J, Letherer T, Young C, et al. Novel nicotinic action of the sulfoximine insecticide sulfoxaflor. *Insect Biochemistry and Molecular Biology*. 2011; 41(7).
139. Oliveira E, Schleicher S, Büschges A, Schmidt J, Kloppenburg P, Salgado V. Desensitization of nicotinic acetylcholine receptors in central nervous system neurons of the stick insect (*Carausius morosus*) by imidacloprid and sulfoximine insecticides. *Insect Biochemistry and Molecular Biology*. 2011; 41(11).

140. Sparks T, Watson G, Loso M, Geng C, Babcock J, Thomas J. Sulfoxaflor and the sulfoximine insecticides: Chemistry, mode of action and basis for efficacy on resistant insects. *Pesticide Biochemistry and Physiology*. 2013; 107(1).
141. Sethi A, Dilawari V. Spectrum of Insecticide Resistance in Whitefly from Upland Cotton in Indian Subcontinent. *Journal of Entomology*. 2008.
142. Peshin R, Zhang W. Integrated pest management and pesticide use. En David P, Rajinder P. *Integrated Pest Management*. Dordrecht: Springer; 2014. p. 1-46.
143. Bass C, Denholm I, Williamson M, Nauen R. The global status of insect resistance to neonicotinoid insecticides. *Pesticide Biochemistry and Physiology*. 2015;; p. 78-87.
144. Naveen N, Chaubey R, Kumar D, Rebijith K, Rajagopal R, Subrahmanyam B, et al. Insecticide resistance status in the whitefly, *Bemisia tabaci* genetic groups Asia-I, Asia-II-1 and Asia-II-7 on the Indian subcontinent. *Scientific Reports*. 2017.
145. Lira C, Bolzan A, Nascimento A, Amaral F, Kanno R, Kaiser I, et al. Resistance of *Spodoptera frugiperda* (Lepidoptera: Noctuidae) to spinetoram: inheritance and cross-resistance to spinosad. *Pest Management Science*. 2020.
146. Wu S, He M, Xia F, Zhao X, Liao X, Li R, et al. The Cross-Resistance Pattern and the Metabolic Resistance Mechanism of Acetamiprid in the Brown Planthopper, *Nilaparvata lugens* (Stål). *International Journal of Molecular Sciences*. 2022.
147. Ullah F, Gul H, Tariq K, Desneux N, Gao X, Song D. Functional analysis of cytochrome P450 genes linked with acetamiprid resistance in melon aphid, *Aphis gossypii*. *Pesticide Biochemistry and Physiology*. 2020.
148. Chen A, Zhang H, Shan T, Shi X, Gao X. The overexpression of three cytochrome P450 genes CYP6CY14, CYP6CY22 and CYP6UN1 contributed to metabolic resistance to dinotefuran in melon/cotton aphid, *Aphis gossypii* Glover. *Pesticide Biochemistry and Physiology*. 2020.
149. Tang B, Cheng Y, Li Y, Li W, Ma Y, Zhou Q, et al. Adipokinetic hormone regulates cytochrome P450-mediated imidacloprid resistance in the brown planthopper, *Nilaparvata lugens*. *Chemosphere*. 2020.
150. Pang R, Xing K, Yuan L, Liang Z, Chen M, Yue X, et al. Peroxiredoxin alleviates the fitness costs of imidacloprid resistance in an insect pest of rice. *Plos Biology*. 2021.
151. Tian F, Li C, Wang Z, Liu J, Zeng X. Identification of detoxification genes in imidacloprid-resistant Asian citrus psyllid (Hemiptera: Liviidae) and their expression patterns under stress of eight insecticides. *Pest Management Science*. 2018.

152. Yang X, Deng S, Wei X, Yang J, Zhao Q, Yin C, et al. MAPK-directed activation of the whitefly transcription factor CREB leads to P450-mediated imidacloprid resistance. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*. 2020.
153. Yang X, Wei X, Yang J, Du T, Yin C, Fu B, et al. Epitranscriptomic regulation of insecticide resistance. *Science Advances*. 2021.
154. Heckel D. *Insecticide Resistance After Silent Spring*. Science. 2012.
155. Feyereisen R. Insect CYP Genes and P450 Enzymes. En Gilbert L. *Insect Molecular Biology and Biochemistry*. Amsterdam: The Netherlands; 2011. p. 115-128.
156. Qin P, Zheng H, Tao Y, Zhang Y, Chu D. Genome-Wide Identification and Expression Analysis of the Cytochrome P450 Gene Family in Bemisia tabaci MED and Their Roles in the Insecticide Resistance. *International Journal of Molecular Sciences*. 2023.
157. InfoStat. InfoStat Software Estadístico. [Online]; 2020. Acceso 21 de Mayo de 2023. Disponible en: <https://www.infostat.com.ar/index.php?mod=page&id=15>.
158. Agrizon. Agrizon: Categoría semillas. [Online]; 2018. Acceso 26 de Junio de 2022. Disponible en: <https://www.e-agrizon.com/producto/emblema-bosa/>.
159. Huang W, Reyes P, Mann M, Seifbarghi S, Kahn A, Almeida R, et al. Bacterial Vector-Borne Plant Diseases: Unanswered Questions and Future Directions. *Molecular Plant*. 2020.
160. Purcell A. Increased survival of Dalbulus maidis, a specialist on maize, on non-host plants infected with mollicute plant pathogens. *Entomologia Experimentalis et*. 1988;; p. 187-196.
161. Mamoré G, Toscano C, Vital G. Eficiência de inseticidas no controle de dalbulus maidis (hemiptera: cicadellidae) na cultura do milho. *Caatinga*. 2008; 21(4).
162. Sabato E, Oliveira C, Coelho C, Landau E. O papel do milho tiguera na perpetuação e concentração da cigarrinha Dalbulus maidis, do inóculo de mollicutes e de vírus da risca. *Divulgativo Científico*..
163. Van der Sluijs J, Delso N, Goulson D, Maxim L, Bonmatin J, Belzunces L. Neonicotinoids, bee disorders and the sustainability of pollinator services. *Current Opinion in Environmental Sustainability*. 2013.
164. Neves T, Foresti J, Silva P, Alves E, Rocha R, Oliveira C, et al. Insecticide seed treatment against corn leafhopper: helping protect grain yield in critical plant growth stages. *Pest Management Science*. 2021.

165. Fatima S, Hussain M, Shafqat S, Malik M, Abbas Z, Noureen N, et al. Laboratory Evaluation of Different Insecticides against Hibiscus Mealybug, *Maconellicoccus hirsutus* (Hemiptera: Pseudococcidae). *Scientifica*. 2016.
166. BASF. Coadyuvante agrícola Dash® MSO MAX para fungicidas, herbicidas e insecticidas. [Online]; 2023. Disponible en: <https://agriculture.basf.com/ar/es/proteccion-de-cultivos-y-semillas/productos/dash-mso-max.html>.
167. Hatami M, Ziaee M, Seraj A, Koushki M, Francikowski J. Effects of Imunit Insecticide on Biological Characteristics and Life Table Parameters of *Spodoptera cilium* (Lepidoptera: Noctuidae). *Insects*. 2021.
168. Rai P. Evaluation of pre-mix insecticide: teflubenzuron+ alpha cypermethrin as a tool for the management of *Scirtothrips dorsalis* Hood, *Helicoverpa armigera* (Hubner) and *Spodoptera litura* (Fabricius) infesting chilli in red and lateritic zones of West Bengal. *Journal of Crop and Weed*. 2021.
169. Oleszczuk J, Catalano M, Dalaisón L, Di Rienzo J, Giménez M, Carpane P. Characterization of components of resistance to Corn Stunt disease. *PLoS ONE*. 2020.
170. Shi R, Tong T, Du T, Shukla M. Response and Modeling of Hybrid Maize Seed Vigor to Water Deficit at Different Growth Stages. *Water*. 2020.
171. Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO). *El maíz en la nutrición humana* Roma: FAO; 1993.
172. Vera J, Cepeda W, Alcívar M, Pineda G, Medranda K. Comportamiento agronómico y económico de genotipos de maíz duro (*Zea mays* L.) en La Troncal, Ecuador. *Hombre, Ciencia y Tecnología*. 2021.

CAPÍTULO VII

ANEXOS

7.1. Anexos

Anexo A. Identificación y delimitación del sitio del experimento.



Anexo B. Siembra: a) Semillas del híbrido “Emblema” b) Realización de la siembra.



Anexo C. Riego: a) Establecimiento de la torre y el aspersor tipo cañón b) Aplicación de riego.



Anexo D. Toma de datos de la presencia del insecto *Dalbulus maidis*.



Anexo E. Identificación de *Dalbulus maidis* en el cogollo de la planta.



Anexo F. Presencia de dos especímenes de *Dalbulus maidis* copulando.



Anexo G. Preparación de las combinaciones insecticidas: a) Insecticidas y herramientas para la dosificación de los tratamientos b) Estudiante y asesores de la empresa BASF encargados del proyecto investigativo.



Anexo H. Toma de datos sobre las características de las mazorcas cosechadas.



Anexo I. Toma de datos sobre el peso del grano de las 30 mazorcas.



Anexo J. Presencia de hojas con franjas rojizas, síntoma característico de cinta roja.



Anexo K. Análisis de varianza del número total de especímenes de *D. maidis* muestreados por tratamiento.

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	66355,67	11	6032,33	77,45	<0,0001
Tratamiento	66355,67	11	6032,33	77,45	<0,0001
Error	1869,33	24	77,89		
Total	68225,00	35			

Anexo L. Análisis de varianza del porcentaje de eficacia de la primera aplicación de los tratamientos insecticidas.

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	2758,03	13	212,16	27,52	<0,0001
Bloque	7,72	2	3,86	0,5	0,6128
Tratamiento	2750,31	11	250,03	32,43	<0,0001
Error	169,61	22	7,71		
Total	2927,64	35			

Anexo M. Análisis de varianza del porcentaje de eficacia de la segunda aplicación de los tratamientos insecticidas.

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	6620,36	13	509,26	61,58	<0,0001
Bloque	34,06	2	17,03	2,06	0,1515
Tratamiento	6586,31	11	598,73	72,4	<0,0001
Error	181,94	22	8,27		
Total	3802,31	35			

Anexo N. Análisis de varianza del porcentaje de incidencia por CSS en plantas de maíz

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	1405,36	13	108,1	8,57	<0,0001
Bloque	1307,06	2	653,53	51,79	<0,0001
Tratamiento	98,31	11	8,94	0,71	0,7184
Error	277,61	22	12,62		
Total	1682,97	35			

Anexo O. Análisis de varianza de la altura de la planta a los 60 DDS

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	1,63	13	0,13	6,38	<0,0001
Bloque	0,28	2	0,14	7,18	0,008
Tratamiento	1,35	11	0,12	6,24	<0,0001
Error	20,99	1066	0,02		
Total	22,63	1079			
Tratamiento	8,11	11	0,74	12,79	<0,0001
Error	61,41	1066	0,06		
Total	76,86	1079			

Anexo P. Análisis de varianza del diámetro de la planta a los 60 DDS

Anexo Q. Análisis de varianza de la longitud de la mazorca

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	97,26	13	7,48	18,51	<0,0001
Bloque	5,35	2	2,68	6,62	0,0014
Tratamiento	91,91	11	8,36	20,68	<0,0001
Error	430,8	1066	0,4		
Total	528,06	1079			

Anexo R. Análisis de varianza del diámetro de la mazorca

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	14,76	13	1,14	27,06	<0,0001
Bloque	0,98	2	0,49	11,7	<0,0001
Tratamiento	13,78	11	1,25	29,86	<0,0001
Error	44,71	1066			
Total	59,47	1079			

Anexo S. Análisis de varianza del rendimiento productivo

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	7105822,41	13	546601,72	2,31	0,0405
Bloque	3342491,66	2	1671245,83	7,06	0,0043
Tratamiento	3763330,75	11	342120,98	1,44	0,2225
Error	5211436,35	22	236883,47		
Total	12317258,76				