



**UNIVERSIDAD AGRARIA DEL ECUADOR**

**ESCUELA DE POSTGRADO “DR. JACOBO BUCARAM  
ORTIZ”**

**PROGRAMA DE MAESTRÍA SANIDAD VEGETAL  
COHORTE 2023**

**TRABAJO DE TITULACIÓN COMO REQUISITO PREVIO PARA  
LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE**

**MAGISTER EN SANIDAD VEGETAL**

**EFECTO DE HONGO ENTOMOPATÓGENO *Metarhizium  
anisopliae* PARA EL CONTROL DE LA CIGARRITA (*Dalbulus  
maidis*) EN EL CULTIVO DE MAIZ DULCE (*Zea mays*)  
MILAGRO - ECUADOR**

**AUTORA**

**ING.DIOSELIN JESÚS LEÓN CAÑAR**

**GUAYAQUIL, ECUADOR**

**2024**

## ESCUELA DE POSGRADO “DR. JACOBO BUCARAM ORTIZ”

### CERTIFICACIÓN

El suscrito, Docente de la Universidad Agraria del Ecuador, en mi calidad de Director **CERTIFICO QUE:** he revisado el Trabajo de Titulación, denominada: **EFFECTO DE HONGO ENTOMOPATÓGENO *Metarhizium anisopliae* PARA EL CONTROL DE LA CIGARRITA (*Dalbulus maidis*) EN EL CULTIVO DE MAIZ DULCE (*Zea mays*) MILAGRO - ECUADOR**, el mismo que ha sido elaborado y presentado por el/la estudiante, **Ing. Dioselin Jesús León Cañar**; quien cumple con los requisitos técnicos y legales exigidos por la Universidad Agraria del Ecuador para este tipo de estudios.

Atentamente,

**Ing. DIEGO ARCOS JÁCOME, MSc.**

Guayaquil, 23 de mayo del 2024

**UNIVERSIDAD AGRARIA DEL ECUADOR**

**ESCUELA DE POSGRADO “DR. JACOBO BUCARAM  
ORTIZ”**

**EFFECTO DE HONGO ENTOMOPATÓGENO *Metarhizium anisopliae* PARA EL  
CONTROL DE LA CIGARRITA (*Dalbulus maidis*) EN EL CULTIVO DE MAIZ  
DULCE (*Zea mays*) MILAGRO - ECUADOR**

**AUTOR**

**ING. DIOSELIN JESÚS LEÓN CAÑAR**

**TRABAJO DE TITULACIÓN**

**APROBADA Y PRESENTADA AL CONSEJO DE POSTGRADO  
COMO REQUISITO PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE  
MAGÍSTER EN SANIDAD VEGETAL**

**TRIBUNAL DE SUSTENTACIÓN**

**Mvz. GLENDA LLAGUNO LAZO, MSc  
PRESIDENTE**

**Ing. ARNALDO BARRETO MACÍAS, MSc  
EXAMINADOR PRINCIPAL**

**Ing. MONICA MUNZÓN QUINTANA, MSc  
EXAMINADOR PRINCIPAL**

## **AGRADECIMIENTO**

En el presente quiero manifestar mi profundo agradecimiento primero a Dios por su constante guía y fuente de fortaleza. También quiero reconocer y agradecer a mi familia quienes han sido los pilares fundamentales que me han sostenido en cada paso de mi camino que he logrado alcanzar siempre con empeño amor y perseverancia al culminar otra etapa en mi vida profesional.

La perseverancia es la clave que abre las puertas del éxito. Gracias a mi determinación y constancia, he superado cada desafío en mi camino hacia mis metas.

## **DEDICATORIA**

El presente trabajo de investigación esta dedicado a Dios y a mi familia .

A Dios por ser mi fuente de fortaleza, sabiduría y guía en cada paso de mi vida, su amor incondicional y su luz ha iluminado mi camino en este viaje académico.

A mi familia por su constante apoyo sacrificio y amor inquebrantable, cada logro alcanzado es también suyo, pues han sido mis pilares y mi inspiración en cada desafío. Que este trabajo sea testimonio de mi gratitud hacia ustedes, mis seres queridos, y hacia ti Padre querido que estas en cielo.

## **RESPONSABILIDAD**

La responsabilidad, derecho de la investigación, resultados, conclusiones y recomendaciones que aparecen en el presente Trabajo de Titulación corresponden exclusivamente al Autor/a y los derechos académicos otorgados a la Universidad Agraria del Ecuador.

*Ing. Dioselin Jesús León Cañar*

C. I. 0928063510

## RESUMEN

El cultivo de maíz en el Ecuador es muy importante para la economía del país. El insecto plaga *Dalbulus maidis* conocida como la cigarrita causa daño mecánico y es el vector de varios fitopatógenos en el cultivo. La gramínea precisa de un manejo de plagas adecuado y eficaz, por lo que es importante la búsqueda de nuevos métodos de producción agronómica y económicamente sostenibles. Los hongos entomopatógenos constituyen el grupo de mayor importancia en el control biológico de insectos plagas. La presente investigación tuvo como objetivo la evaluación de la aplicación de diferentes dosis del hongo entomopatógeno *Metarhizium anisopliae* para el control de las poblaciones de la cigarrita del maíz, los tratamientos fueron T1 (*M. anisopliae* 200g/ha), T2 (*M. anisopliae* 300g/ha), T3 (*M. anisopliae* 400g/ha), y el T4 (Testigo). Los resultados mostraron que la aplicación del entomopatógeno *M. anisopliae* ayudo a mantener las poblaciones baja de la cigarrita durante el periodo de evolución en relación con el testigo. La eficiencia del entomopatógeno *M. Anisopliae* sobre las poblaciones de la cigarrita se mostro por encima del 50% para todos los tratamientos, teniendo los mejores resultados con el T2 (*M. anisopliae* 300g/ha) en los dos intervalos de evaluación, con valores de 55.90% en la primera evaluación y con el valor de 55.32%. La aplicación del entomopatógeno para el manejo de *D. maidis* es una opción de control amigable para el ambiente y los resultados mostraron eficiencia por encima del 50% teniendo una clara alternativa para uso sobre los insecticidas sintéticos.

**Palabras clave:** vector, entomopatógeno, control biológico, eficiencia

## SUMARY

Maize cultivation in Ecuador is very important for the country's economy. The insect pest *Dalbulus maidis* known as the cigarrita causes mechanical damage and is the vector of several phytopathogens in the crop. The grass needs adequate and effective pest management, so it is important to search for new agronomically and economically sustainable production methods. Entomopathogenic fungi are the most important group in the biological control of insect pests. The objective of this research was to evaluate the application of different doses of the entomopathogenic fungus *Metarhizium anisopliae* for the control of corn leafhopper populations. The treatments were T1 (*M. anisopliae* 200g/ha), T2 (*M. anisopliae* 300g/ha), T3 (*M. anisopliae* 400g/ha), and T4 (Control). The results showed that the application of the entomopathogen *M. anisopliae* helped to maintain low populations of the cicada during the evolution period in relation to the control. The efficiency of the entomopathogen *M. anisopliae* on cigarrita populations was above 50% for all treatments, having the best results with T2 (*M. anisopliae* 300g/ha) in the two evaluation intervals, with values of 55.90% in the first evaluation and 55.32% in the control. The application of the entomopathogen for the management of *D. maidis* is an environmentally friendly control option and the results showed efficiency above 50%, having a clear alternative for use over synthetic insecticides.

**Key words:** vector, entomopathogen, biological control, efficiency.

## INDICE

<b>1.</b>	<b>INTRODUCCIÓN .....</b>	<b>1</b>
1.1	Antecedentes del problema .....	1
1.2	Planteamiento y formulación del problema .....	3
1.2.1	Planteamiento del problema .....	3
1.2.2	Formulación del problema .....	4
1.3	Justificación de la investigación .....	4
1.4	Delimitación de la investigación .....	5
1.5	Objetivo general .....	5
1.6	Objetivos específicos .....	5
1.7	Hipótesis .....	5
	<b>CAPITULO 1 .....</b>	<b>7</b>
<b>2.</b>	<b>MARCO TEÓRICO .....</b>	<b>7</b>
2.1	Estado del arte .....	7
2.2	Bases teóricas.....	8
2.2.1	Importancia del cultivo de maíz en Ecuador.....	8
2.2.2	Hongos entomopatógenos.....	11
2.2.3	<i>Metarhizium Anisopliae</i> .....	12
2.2.4	Plagas y enfermedades en el cultivo de maíz.....	13
2.2.5	Taxonomía de la cigarrita ( <i>Dalbulus maidis</i> ).....	15
2.2.6	Mecanismo de acción de los hongos entomopatógenos.....	15
2.3	Marco legal .....	17
2.3.1	Constitución de la República del Ecuador.....	17
2.3.2	Ley Orgánica del Régimen de Soberanía Alimentaria .....	17
	<b>CAPITULO 2 .....</b>	<b>19</b>

<b>3.</b>	<b>MATERIALES Y MÉTODOS .....</b>	<b>19</b>
3.1	Enfoque de la investigación.....	19
3.1.1	Tipo de investigación.....	19
3.1.2	Diseño de investigación .....	19
3.2	Metodología .....	19
3.2.1	Variables .....	19
3.2.2	Tratamientos .....	20
3.2.3	Diseño experimental .....	20
3.2.4	Recolección de datos .....	21
3.2.5	Métodos y técnicas .....	22
3.2.6	Análisis estadístico .....	24
<b>4.</b>	<b>RESULTADOS .....</b>	<b>26</b>
4.1	Densidad poblacional para la cigarrita ( <i>Dalbulus maidis</i> ) por tratamiento.....	26
4.2	Número total de especímenes de <i>Dalbulus maidis</i> por tratamiento.	27
4.3	Eficiencia del entomopatógeno <i>Metarhizium Anisopliae</i> para el manejo de <i>Dalbulus maidis</i> en maíz en la primera aplicación. ....	28
4.4	Eficiencia del entomopatógeno <i>Metarhizium anisopliae</i> para el manejo de <i>Dalbulus maidis</i> en maíz en la segunda aplicación. ....	28
4.5	Rendimiento (kg/ha) del cultivo de maíz por tratamiento.....	29
4.6	Relación beneficio costo (B/C) de los tratamientos.....	30
<b>5.</b>	<b>DISCUSIÓN .....</b>	<b>31</b>
<b>6.</b>	<b>CONCLUSIONES .....</b>	<b>34</b>
<b>7.</b>	<b>RECOMENDACIONES .....</b>	<b>35</b>
<b>8.</b>	<b>BIBLIOGRAFÍA .....</b>	<b>36</b>

**9. ANEXOS ..... 44**

**Índice de tablas**

Tabla 1. Tratamientos y dosis experimentales. ....	2019
Tabla 2. Esquema de varianza: Diseño Completamente al Azar (ANOVA). ....	2019
Tabla 3. Delimitaciones experimentales. ....	210
Tabla 4. Densidad poblacional de la cigarrita ( <i>Dalbulus maidis</i> ). ....	205
Tabla 5. Número total de especímenes <i>Dalbulus maidis</i> por tratamiento. ....	206
Tabla 6. Eficiencia de <i>Metarhizium Anisopliae</i> para el manejo de <i>Dalbulus maidis</i> en la primera aplicación .....	217
Tabla 7. Eficiencia de <i>Metarhizium Anisopliae</i> para el manejo de <i>Dalbulus maidis</i> en la segunda aplicación .....	218
Tabla 8. Rendimiento (kg/ha) del cultivo de maíz por tratamiento.....	218
Tabla 9. Analisis de costo beneficio de los tratamiento.....	219

## Índice de figuras

Figura 1. Densidad poblacional de <i>Dalbulus maidis</i> en el cultivo de maíz. ....	27
Figura 2 Análisis estadístico de densidad poblacional para la cigarrita ( <i>Dalbulus maidis</i> ) a los 15 días. ....	44
Figura 3 Análisis estadístico de densidad poblacional para la cigarrita ( <i>Dalbulus maidis</i> ) a los 20 días. ....	44
Figura 4 Análisis estadístico de densidad poblacional para la cigarrita ( <i>Dalbulus maidis</i> ) a los 30 días. ....	44
Figura 5 Análisis estadístico de densidad poblacional para la cigarrita ( <i>Dalbulus maidis</i> ) a los 40 días. ....	45
Figura 6 Análisis estadístico de densidad poblacional para la cigarrita ( <i>Dalbulus maidis</i> ) a los 50 días. ....	45
Figura 7 Análisis estadístico de densidad poblacional para la cigarrita ( <i>Dalbulus maidis</i> ) a los 60 días. ....	45
Figura 8 Análisis estadístico del número total de especímenes de <i>Dalbulus maidis</i> por tratamiento.....	46
Figura 9 Análisis estadístico del rendimiento del cultivo de maíz por tratamiento. ....	46
Figura 10 Producto con el entomopatógeno <i>Metarhizium anisopliae</i> .....	47
Figura 11 Siembra de cultivo de maíz para instalación del proyecto de investigación.....	47
Figura 12. Delimitación e identificación del área para el proyecto de investigación.....	48

Figura 13 Monitoreo de la cigarrita de maíz <i>Dalbulus maidis</i> en el área experimental.....	48
Figura 14 Preparación tratamientos con <i>Metarhizium anisopliae</i> .....	49
Figura 15 Aplicación del entomopatógeno <i>Metarhizium anisopliae</i> .....	49
Figura 16 Visita del docente guía al área experimental. ....	50
Figura 17 Supervisión del trabajo de investigación por parte del docente guía. .....	50
Figura 18 Evaluación de la aplicación de <i>Metarhizium anisopliae</i> para el manejo de <i>Dalbulus maidis</i> . ....	51
Figura 19 Conteo de especímenes de la cigarrita de maíz <i>Dalbulus maidis</i> . ...	51

# 1. INTRODUCCIÓN

## 1.1 Antecedentes del problema

Las estadísticas de la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO) reportan en Ecuador una superficie cosechada de maíz de 365.334 hectáreas, con un rendimiento promedio de 4,58 toneladas por hectárea ( $t\ ha^{-1}$ ) y una producción de 1479700 toneladas. A pesar del incremento de rendimiento de grano en los últimos años, los productores de maíz demandan nuevas tecnologías y una mayor integración entre los diversos actores de la cadena productiva con la industria y consumidores finales (Castillo, Nole y Silva , 2021).

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  $1,63\ t\ ha^{-1}$  en grano seco. En la región Costa o Litoral, predomina el cultivo de maíz amarillo duro para la industria de alimentos balanceados y en un pequeño porcentaje el tipo blanco duro, que está orientado para consumo humano en fresco (choclo). 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, lo que 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. La mejora en la producción del maíz es posible con las innovaciones realizadas en los campos del mejoramiento genético, con el desarrollo de variedades e híbridos de alto potencial de rendimiento, y en la agronomía del cultivo, incluyendo aspectos de labranza, densidad de siembra, fertilización, control integrado de insectos,

plagas y enfermedades, riego y mejora en los procesos de cosecha y poscosecha (Boada y Espinoza , 2019).

De acuerdo a datos oficiales del Sistema de Información Pública Agropecuaria (SIPA, 2023) la superficie sembrada de maíz duro para el 2022 alcanzó un valor de 372581 hectáreas, en el ciclo período lluvioso, y en el ciclo seco, donde se beneficia de la humedad remanente en el suelo, con un beneficio de producción nacional de 4,53 t.ha-1 y una producción anual de 1.6 millones de toneladas métricas. En la región litoral la producción de maíz duro se concentra en las provincias de Los Ríos, Manabí, Guayas y también encontramos en la serranía en la provincia de Loja, siendo estas provincias la que tienen la mayor superficie sembrada de la gramínea (Cepeda, 2019).

El insecto plaga *Dalbulus maidis* (Hemíptera-Cicadellidae), conocida como la cigarrita, es el vector que trasmite con eficiencia tres patógenos; el virus del rayado fino del maíz (*Maize dwarf virus*), el espiroplasma del maíz (*Spiroplasma kunkellii*) y el fitoplasma del maíz. Es una plaga importante en muchas partes de las regiones centrales y pacíficas de América central (Hasang et al, 2021).

En el cantón Milagro, el cultivo del maíz está expuesto a la incidencia de un sinnúmero de problemas de origen edáfico, los que pueden causar pérdidas económicas al productor, para tal efecto ellos aplican una gran cantidad de productos fertilizantes de variada eficiencia, desconociendo la existencia de productos alternativos, que ayudarían a la disminución de la utilización de fertilizantes convencionales, los cuales generan problemas de tipo económico, social y ambiental (Briones, 2019).

## **1.2 Planteamiento y formulación del problema**

### **1.2.1 Planteamiento del problema**

El cambio climático y las condiciones ambientales son propicias para la proliferación de nuevos insectos plaga y enfermedades perjudiciales para la agricultura, sobre todo para el cultivo de maíz, especialmente en zonas rurales, las cuales presentan vectores principales para ciertos patógenos como, virus del rayado fino, Fitoplasma del enanismo arbustivo del maíz y Spiroplasma del Achaparramiento del Maíz, cada año indirectamente ocasiona grandes pérdidas económicas en la producción del cultivo de maíz grano (Alarcón et al, 2021).

Los productores anualmente arriesgan su inversión en la producción del cultivo de maíz siendo un producto básico en la alimentación y sustento familiar, fuente de ingresos económicos. Lo cual conlleva a la búsqueda de generar alternativas para el control de la plaga, los agricultores tienen deficiente conocimiento en el control de la chicharrita. Teniendo alrededor de los campos de cultivo muchas especies de plantas y cultivos, un recurso disponible que no está siendo aprovechada, los agricultores tienen un déficit conocimiento en sus beneficios y propiedades que nos brindan estas especies que podrían ser una alternativa para uso en cultivos como Insecticidas y fungicidas (Elizondo, Murguido y Matamoros, 2019).

Factores bióticos y abióticos afectan en la productividad de maíz, entre las limitantes bióticas destacan los daños causados por los insectos plaga, debido a que su presencia incrementa los costos de producción por la necesidad de aplicar medidas para su control. La interferencia de infestas en los cultivos afecta de manera significativa tanto en el desarrollo agronómico como en el manejo fitosanitario y los resultados son evidentes al momento de la cosecha al obtenerse bajos rendimientos.

### **1.2.2 Formulación del problema**

¿Cuál es la mejor dosificación del hongo entomopatógeno (*Metarhizium anisopliae*) para el control de *Dalbulus maidis* en el cultivo de Maíz (*Zea mays*)?

### **1.3 Justificación de la investigación**

El cultivo de maíz en el Ecuador es muy importante para la economía del país especialmente para la zona rural. La gramínea precisa de un manejo de plagas adecuado y eficaz, por lo que es importante la búsqueda de nuevos métodos de producción agronómica y económicamente sostenibles para proteger el entorno. Es por ello por lo que el control biológico aparece como una propuesta alternativa para el desarrollo eficiente del sector agrícola del país.

Debido a la fuerte demanda de este cultivo y las normas de certificación que los mercados internacionales exigen, se requieren de nuevas estrategias para el manejo agronómico del cultivo y como elección viable a la problemática actual se dispone de agentes bio controladores denominados entomopatógenos los cuales no generan residualidad en el suelo y en el fruto por lo que no causan inconvenientes para la exportación ni para el medio ambiente.

El propósito de este estudio es contribuir a la información del uso de hongos entomopatógenos para controlar las densidades poblacionales de *Dalbulus maidis* en campo. Los hongos entomopatógenos no son dañinos para el medio ambiente, no afectan los insectos benéficos, no causan resistencia a las plagas, por lo cual el uso de hongos entomopatógenos son una opción de manejo sostenible. Por otro lado, por tratarse de organismos vivos no dejan residuos tóxicos siendo de mucha ayuda en la agricultura orgánica

#### **1.4 Delimitación de la investigación**

**Espacio:** Parroquia Mariscal Sucre, Cantón Milagro, provincia Guayas.

**Tiempo:** Tres meses

**Población:** Según los datos expuestos por el Instituto Nacional de Estadística y Censo (INEC) la población del cantón Milagro oscila entre los 20385 habitantes (Instituto Nacional de Estadística y Censo (INEC), 2010).

#### **1.5 Objetivo general**

Evaluar el efecto del hongo *Metarhizium anisopliae* en diferentes dosis para el control de la cigarrita (*Dalbulus maidis*) en el maíz dulce (*Zea mays*).

#### **1.6 Objetivos específicos**

- Establecer los niveles poblacionales de la cigarrita (*Dalbulus maidis*) aplicando medidas de control con el hongo entomopatógeno (*Metarhizium anisopliae*) en el cultivo de maíz dulce (*Zea mays*)
- Analizar las diferentes dosis del hongo entomopatógeno (*Metarhizium anisopliae*) en el control de la cigarrita en el cultivo de maíz dulce (*Zea mays*)
- Realizar análisis de beneficio costo utilizando el hongo entomopatógeno (*Metarhizium anisopliae*) para el control de la cigarrita (*Dalbulus maidis*) en el cultivo de maíz dulce (*Zea mays*)

#### **1.7 Hipótesis**

Al menos una dosis del hongo entomopatógeno (*Metarhizium anisopliae*) reducirá el 20% del ataque de la cigarrita en el cultivo de maíz dulce en el cantón Milagro-Ecuador.



## CAPITULO 1

### 2. MARCO TEÓRICO

#### 2.1 Estado del arte

El maíz (*Zea mays* L.) es uno de los cultivos más importantes como fuente alimenticia de los ecuatorianos, su producción está destinada principalmente como materia prima para la agroindustria y la alimentación humana (Cepeda, 2019). El maíz amarillo duro es producido principalmente en las zonas bajas o costeras del Ecuador (menos de 1200 ms.n.m.) y está destinado mayoritariamente para la elaboración de alimento balanceado (Zambrano y Andrade, 2021).

Los insectos plaga, son una de las principales limitantes en la producción del cultivo de maíz. Por lo cual, provocan daño en el desarrollo de la planta y por ende reducen el rendimiento (Hernández, 2019). La chicharrita del maíz *Dalbulus maidis* es una de las plagas más importantes del maíz en América Latina debido a su capacidad para transmitir eficientemente patógenos (Oliveira y Frizzas, 2022).

El control de los insectos plaga en el cultivo del maíz se realiza de forma general con los usos agroquímicos (Rossini, Santos, Ribeiro y de Barros, 2020), pero existen alternativas como el uso de organismos biológicos, estos pueden ser otros insectos entomófagos y también microorganismos entomopatógenos usados en el control biológico (Querino, 2017). En trabajo realizado en condiciones controladas por Ibarra, Moya, y Berlanga (2005), evaluaron la eficacia del control de la cigarrita del maíz *Dalbulus maidis* con los hongos entomopatógenos *Metarhizium anisopliae* y *Beauveria bassiana*, teniendo como resultado una mortalidad por encima del 40% de las poblaciones de la cigarrita producida por las dos cepas.

En trabajo realizado por Santos (2023), donde se estudió el efecto del hongo *Metarhizium anisopliae* en combinación con silicato de potasio para el manejo de

cigarrita del maíz *Dalbulus maidis*, los resultados mostraron que el efecto del hongo en la mortalidad en la cigarrita se incrementó, considerando que el producto a base de silicato de potasio aumento la patogenicidad del hongo sobre el insecto plaga.

En la investigación realizado por Flores y Guillén (2019), se evaluaron el efecto de tres hongos (*P. fumosoroseus*, *B. bassiana* y *M. anisopliae*) sobre las poblaciones de *Dalbulus maidis*, en condiciones contraladas de laboratorio. La aplicación de los tratamientos se realizó por medio de aspersion sobre poblaciones de *D. maidis* que se alimentaron con hojas de maíz. Los resultaron mostraron que la mayor eficacia para el manejo de las poblaciones se presentó En general el tratamiento con mayor eficacia durante las 8 fechas de muestreo fue *Metarhizium anisopliae*. (Flores y Guillén , 2019).

## **2.2 Bases teóricas**

### **2.2.1 Importancia del cultivo de maíz en Ecuador.**

El maíz (*Zea mays*) es conocido como el único cereal utilizado como fuente de alimento para la población y los animales, ya sea en las distintas etapas de producción de la especie. Conocido como uno de los principales cultivos, ya que, si nos referimos al ámbito económico, este es uno de los principales productos que genera altos rubros económicos. Este cultivo sirve de fuente para producir diversos productos industriales, a nivel mundial el maíz seco abarca el 41% de la producción de granos, y en datos estadísticos este alcanzó 1036.8 millones de toneladas y en la producción por hectáreas se especifican 6 toneladas por hectárea (Caviedes, 2019).

A nivel Ecuador el maíz es considerado uno de varios cultivos de suma importancia, debido al significativo rol en cuanto a la seguridad alimentaria de la población ecuatoriana. El maíz de caracteres de color amarillo y duro es destinado

para la producción balanceada, generalmente se cultiva en la región costa y e margen de superficie sembrada oscila entre las 350000 hectáreas. En los últimos 20 años la producción de maíz ha incrementado, tanto, en rendimiento y producción, cifras clasificadas debido al uso de semillas certificadas y a la implementación de tecnologías transferidas por entidades gubernamentales como es el Ministerio de Agricultura y Ganadería (Llanos et al, 2020).

#### **2.2.1.1. Taxonomía del maíz**

Según Justiniano (2020), menciona la taxonomía del maíz, la cual se describe a continuación del contexto:

Reino: Plantae

División: Magnoliophyta

Clase: Liliopsida

Orden: Poales

Familia: Poaceae

Tribu: Andropogoneae

Género: Zea

Especie: *Zea mays*

Nombre común: Maíz

#### **2.2.1.2. Morfología del cultivo**

Raíces: son fasciculadas que aportan un perfecto anclaje a la planta en algunos casos, sobresalen unos nudos de las raíces a nivel del suelo, lo cual suele ocurrir en aquellas raíces secundarias o adventicias. La planta presenta tres tipos de raíces: primarias emitidas por la semilla (raíces seminales), principales que se forman a partir de la corona, y las aéreas o adventicias que nacen en el último lugar de los nudos de la base del tallo (Alvarado, 2019).

Tallo: es de tipo leñoso, de forma de caña erecta, macizo en su exterior e interior, la longitud es prolongada y su tamaño varía, pudiendo alcanzar los cuatro metros de altura. Además, es robusto y no presenta ramificaciones (Arispe, Sánchez, y Galindo,2019)

Hojas: Las hojas, nacen de yemas que se encuentran en los nudos del tallo, su número total depende de la variedad y del número de nudos que conforman el tallo. Las hojas, se disponen de manera alterna a lo largo del tallo y cada hoja consiste en la lámina foliar de forma alargada y lanceolada, que posee una marcada nervadura central y venas delgadas paralelas (Hernández, 2019).

Flores: el maíz es de inflorescencia monoica, es decir, inflorescencia masculina y femenina separada dentro de la misma planta. La inflorescencia masculina es una panícula formada por numerosas flores pequeñas llamadas espículas, de coloración amarilla. Presenta un raquis central, el cual lleva varias hileras de espiguillas pares; siendo una de ellas pedicelada y la otra sésil. En la base de la espiguilla hay 2 glumas (lenma y palea) que subtienden y encierran a las flores. Posee aproximadamente entre 20 a 25 millones de granos de polen. Cada flor que compone la panícula contiene tres estambres. La inflorescencia femenina se denomina mazorca. Contiene las semillas agrupadas a lo largo de un eje (Alvarado, 2019).

Grano: Es un fruto llamado cariopse, en el cual, el intertegumento o pared del saco embrionario se ha unido a la semilla, formada a su vez por el pericarpio, endospermo y embrión. El pericarpio "cáscara", es la parte exterior del grano que protege sus partes interiores. Es translucido y es el remanente del saco embrionario, por lo que es tejido maternal. En la parte superior, se puede notar una especie de

cicatriz que es el punto donde estuvo el estilo de la flor (o “barba” del choclo), mientras que en la parte basal está el pedicelo o tallo floral (Ayvar, 2020).

### **2.2.2 Hongos entomopatógenos.**

Los hongos entomopatógenos constituyen el grupo de mayor importancia en el control biológico de insectos plagas. Prácticamente, todos los insectos son susceptibles a algunas de las enfermedades causadas por estos hongos. Se conocen aproximadamente 100 géneros y 700 especies de hongos entomopatógenos. Entre los más importantes están: *Metarhizium*, *Beauveria*, *Aschersonia*, *Entomophthora*, *Zoophthora*, *Erynia*, *Eryniopsis*, *Akanthomyces*, *Fusarium*, *Hirsutella*, *Hymenostilbe*, *Paecilomyces* y *Verticillium* (Aguilar, Barrezueta, y Aguilar, 2022).

Los hongos entomopatógenos inician su proceso infeccioso en los insectos hospederos cuando las esporas viables son retenidas por contacto en la superficie del integumento, mientras encuentran un espacio propicio para establecer la asociación patógeno-hospedero y formar los túbulos germinales y a veces el apresorio, que facilitarán la invasión del hongo (Pucheta, 2020).

Entre las características esenciales se halla el aislamiento del hongo, cultivo, evidencias biológicas y pronósticos de los efectos sobre las poblaciones de plagas en el medio ambiente, precisamente un desempeño sobre los cambios de las condiciones medioambientales y una correcta eficiencia de producción, la propagación del hongos para el registro de plagas comprende una gran investigación donde implican especialidades como la patología, ecología, genética y fisiología, como técnicas para una producción grande, formulación y estrategias de uso (Alama, 2020).

### **2.2.3 *Metarhizium Anisopliae*.**

El hongo entomopatógeno arremete más de 300 especies de insectos de diversos órdenes. Algunos insectos que son atacados por este hongo son la salivita de la caña de azúcar (*Aeneolamia varia*), y chinches plagas de diferentes cultivos (Vivekanandhan, Swathy, Murugan y Krutmuang, 2022).

El insecto muerto por el hongo es envuelto totalmente por micelio, siendo al principio de color blanco y después se torna verde cuando el hongo esporula. Muestra una colonia adherida al insecto, totalmente redonda, de colores oliváceo, amarillento, verdoso, marrón oscuro, necesitando estar en aislamiento, tiene un reverso incoloro a marrón, de vez en cuando verdoso citrino (Pucheta, 2020).

Cabe destacar que, durante la penetración del hongo desde la cutícula del insecto hasta el hemocele, la hifa queda inmersa en proteínas, quitina, lípidos, melanina, difenoles y carbohidratos; algunos de ellos son nutrimentos, pero otros pueden inhibir su crecimiento, ya que el insecto activa su sistema inmune a través de procesos como la melanización, fagocitosis, nodulación y encapsulamiento (Carrillo, y Blanco, 2009).

#### **2.2.3.1. Taxonomía**

Reino: Fungi

Filo: Ascomycota

Clase: Sordariomycetes

Orden: Hypocreales

Familia: Clavicipitaceae

Género: *Metarhizium*

Especie: *M. anisopliae*

#### 2.2.4 Plagas y enfermedades en el cultivo de maíz

La cigarrita, *Dalbulus maidis* es una especie de insectos homópteros de la familia *Cicadellidae*, natural de las Américas. es un insecto picador chupador, Los *Cicadellidae* forman una familia numerosa de pequeños Homóptera, de coloración muchas veces verde, café, gris o negro. Muchas especies son de importancia económica, entre ellas se cuenta a (*Dalbulus maidis*) plaga del maíz cuya distribución va desde Estados Unidos hasta Argentina (Martínez, 2022).

Es una cigarrita de aproximadamente 5.5 mm; La hembra mide alrededor de 4.9 mm, es de color crema y presenta dos manchas oscuras características en la cabeza. Su aparato reproductor (ovipositor) es visible a simple vista por ser más oscuro. El macho es de color crema y mide 4.5 mm. Al igual que la hembra, presenta dos manchas oscuras características en la cabeza. Se pueden observar las manchas oscuras que presenta su cuerpo. Su aparato reproductor no es visible a simple vista (Rivas y Rodríguez, 2020).

El Micoplasma (MBSM Enanismo arbustivo del maíz) también el Fitoplasma del maíz, Micoplasma del enanismo arbustivo del maíz. Estas enfermedades se han detectado en varios países, desde el sur de estados unidos de Norteamérica hasta argentina. El patógeno es transmitido por las chicharritas (*Dalbulus maidis*), (*Dalbulus elimatus*) y otras especies de *Dalbulus*. El vector al alimentarse de una planta enferma adquiere el virus y propaga la infección hasta que muere. Los mismos vectores pueden transmitir el virus rayado fino de maíz (MRFV) y el espiroplasma del enanismo del maíz, y por eso son comunes las infecciones mixtas en las plantas (Soto, Medina y Hernández, 2019).

El patógeno es un mollicute no helicoidal denominado Fitoplasma anteriormente conocido como Micoplasma (MBS) es más común en zonas relativamente frescas,

mientras que los climas cálidos y húmedos propician el enanismo del maíz (Aguilera, 2019).

#### **2.2.4.1. Síntomas de ataque de *Spiroplasma kunkelii* en la planta.**

Las plantas infectadas por *Spiroplasma kunkelii* causante del achaparramiento del maíz muestran diversos síntomas dependiendo del genotipo del maíz, los síntomas más comunes son clorosis en los márgenes de las hojas jóvenes y las puntas adquieren gradualmente un tono rojo púrpura a medida que se aproximan a la madurez (Lavilla, Heck y Fariza, 2023).

Las yemas axilares se desarrollan hasta formar mazorcas estériles. Cuando la planta es infectada al comienzo de su desarrollo, se producen mazorcas en muchos de los nudos, pero su diámetro y el tamaño del grano son reducidos, lo cual disminuye enormemente el rendimiento. (Soto, Medina y Hernández, 2019).

Esta enfermedad es conocida en las tierras bajas cálidas y húmedas de varios países de América central y América del sur, el Caribe, el sureste de los Estados Unidos de Norteamérica y México, se le encuentra en elevaciones de más de 2000 m.s.n.m. La enfermedad es transmitida por chicharritas de la especie *Cicadellidos*; *Dalbulus maidis* y *Dalbulus elimatus* (Borja, 2023). Los vectores al alimentarse de una planta enferma adquieren el virus y propagan hasta que se mueren, el mismo vector puede transmitir a los patógenos las infecciones son comunes y mixtas. El patógeno es el Mollicute Helicoidal (*Spiroplasma kunkeli*), es causado por un Micoplasma helicoidal o Espiroplasma, el hongo produce compuestos orgánicos tóxicos para hombre y animales (Lavilla, Heck y Fariza, 2023).

Los Micoplasmas son organismos procarióticos, es decir organismos que carecen de un núcleo organizado y limitado por una membrana. Los Micoplasmas constituyen las clases de los Mollicutes la cual tienen orden el de los

Micoplasmatales este orden tiene tres familias: Micoplasmataceae compuesto por un género los Micoplasmas, Acholeplasmataceae compuesto por un género Acholeplasma, Spiroplasmatacea también compuesto por un género Spiroplasma (Lavilla, Heck y Fariza, 2023).

### **2.2.5 Taxonomía de la cigarrita (*Dalbulus maidis*).**

Reino: Animalia

Rama: Artrópodos

Clase: Insecta

Orden: Homoptera

Familia: *Cicadellidae*, *Araeropidae*

Género: *Peregrinus* y *Dalbulus*

Especie: *Dalbulus maidis*

Nombre común: Cigarrita

### **2.2.6 Mecanismo de acción de los hongos entomopatógenos.**

Los hongos entomopatógenos infectan en los insectos hospederos cuando las esporas factibles son retenidas en el integumento, en lo que localizan un espacio propicio para fijar la unión patógeno-hospedero y conformar los túbulos germinales y en otras ocasiones el apresorio, que permitirá la penetración del hongo (Oliveira, 2024). En indagaciones previas se propuso que iones divalentes como el  $\text{Ca}^{+2}$  y el  $\text{Mg}^{+2}$  amenoran el grado de repulsión electrostática del área del insecto, de manera que afecta su hidrofobicidad y fomenta la adhesión pared celular fúngica-cutícula incrementando los factores para la formación de espora y la subsecuente invasión del hospedero (Julca, 2022).

La germinación se inicia con el hinchamiento de esta, debido a alta humedad (70% durante 14 h). La hidratación de la espora es favorecida por la acción

antidesecante de su cubierta mucilaginosa, Y asimismo actúa como defensor ante la existencia de polifenoles tóxicos y enzimas, segregadas por sistema inmune del patógeno. *Metarhizium anisopliae* muestra un gran volumen de aminopeptidasas e hidrofobina, a lo que ayuda la labor de enzimas extracelulares encima la cutícula del patógeno, los lípidos que están en la cutícula de la mosca blanca logran perjudicar la germinación de la espora como consecuencia del acto fungilítica o fungiestática, o siendo un obstáculo en la matriz de quitina del exoesqueleto del patógeno, avisando que la espora va a entrar en contacto con los nutrimentos y comience la señal de descarga de la germinación (García, 2019).

Luego de la expansión de la espora da lugar a la creación del tubo germinativo por el desarrollo de polarización, que activa la síntesis de la pared celular. Los iones  $H^+$  y  $Ca^{2+}$  penetran la punta de la hifa por un mecanismo de conducción pasivo y son eliminados por mecanismos que usa energía. Esta corriente transcelular esta constante y conserva el crecimiento del tubo germinativo y la aparición del apresorio, el tubo germinativo busca y reconoce el área del patógeno para la ubicación de los lugares receptores, preparando a la hifa para la inserción a la cutícula. Así mismo, el hongo segrega una cantidad grande de enzimas como son: proteasas, quitinasas, quitobiasas, lipasas, lipooxigenasas y otras enzimas hidrolíticas, y debilitan la cutícula y facilitan nutrientes al hongo (Trejo, 2022).

Una vez en interior del insecto, el hongo se desarrolla creando cuerpos hifales secundarios, y se esparcen en la procutícula constituida primordialmente de fibrillas lameladas de quitina empapadas en una matriz proteínica que funciona como envoltura protectora ante la segregación extracelular del insecto. Luego, los cuerpos hifales se reúnen con la capa epidérmica y con su correspondiente

membrana basal y se esparcen mediante el hemocele (Barajas, Toscano, Chan y Sánchez).

## **2.3 Marco legal**

### **2.3.1 Constitución de la República del Ecuador**

Art. 13.- Las personas y colectividades tienen derecho al acceso seguro y permanente a alimentos sanos, suficientes y nutritivos; preferentemente producidos a nivel local y en correspondencia con sus diversas identidades y tradiciones culturales. El Estado ecuatoriano promoverá la soberanía alimentaria (pág. 13).

### **2.3.2 Ley Orgánica del Régimen de Soberanía Alimentaria**

Art. 7.- Protección de la agrobiodiversidad. El Estado, así como las personas y las colectividades protegerán, conservarán los ecosistemas y promoverán la recuperación, uso, conservación y desarrollo de la agrobiodiversidad y de los saberes ancestrales vinculados a ella. Las leyes que regulen el desarrollo agropecuario y la agro biodiversidad crearán las medidas legales e institucionales necesarias para asegurar la agro biodiversidad, mediante la asociatividad de cultivos, la investigación y sostenimiento de especies, la creación de bancos de semillas y plantas y otras medidas similares, así como el apoyo mediante incentivos financieros a quienes promuevan y protejan la agrobiodiversidad (pág. 3).

Art. 8.- Semillas. El Estado, así como las personas y las colectividades promoverán y protegerán el uso, conservación, calificación e intercambio libre de toda semilla nativa. Las actividades de producción, certificación, procesamiento y comercialización de semillas para el fomento de la agro biodiversidad se regularán en la ley correspondiente. El germoplasma, las semillas, plantas nativas y los conocimientos ancestrales asociados a éstas constituyen patrimonio del pueblo ecuatoriano, consecuentemente no serán objeto de apropiación bajo la forma de patentes u otras modalidades de propiedad intelectual, de conformidad con el Art. 402 de la Constitución de la República (pág. 3).

Art. 24.- Finalidad de la sanidad. La sanidad e inocuidad alimentarias tienen por objeto promover una adecuada nutrición y protección de la salud de las personas; y prevenir, eliminar o reducir la incidencia de enfermedades que se puedan causar o agravar por el consumo de alimentos contaminados (pág. 8).

Art. 26.- Regulación de la biotecnología y sus productos. Se declara al Ecuador libre de cultivos y semillas transgénicas. Excepcionalmente y solo en caso de interés nacional debidamente fundamentado por la Presidencia de la República y aprobado por la Asamblea Nacional, se podrá introducir semillas y cultivos genéticamente modificados. El Estado regulará bajo estrictas normas de bioseguridad, el uso y el desarrollo de la biotecnología moderna y sus productos, así como su experimentación, uso y comercialización. Se prohíbe la aplicación

de biotecnologías riesgosas o experimentales. Las materias primas que contengan insumos de origen transgénico únicamente podrán ser importadas y procesadas, siempre y cuando cumplan con los requisitos de sanidad e inocuidad, y que su capacidad de reproducción sea inhabilitada, respetando el principio de precaución, de modo que no atenten contra la salud humana, la soberanía alimentaria y los ecosistemas. Los productos elaborados en base a transgénicos serán etiquetados de acuerdo a la ley que regula la defensa del consumidor. Las leyes que regulen la agrobiodiversidad, la biotecnología y el uso y comercialización de sus productos, así como las de sanidad animal y vegetal establecerán los mecanismos de sanidad alimentaria y los instrumentos que garanticen el respeto a los derechos de la naturaleza y la producción de alimentos inocuos, estableciendo un tratamiento diferenciado a favor de los microempresarios, microempresa o micro, pequeños y medianos productores (pág. 8).

## CAPITULO 2

### 3. MATERIALES Y MÉTODOS

#### 3.1 Enfoque de la investigación

##### 3.1.1 Tipo de investigación

La investigación se realizó en base a la tipología exploratoria y de campo, debido a la evaluación y control del hongo entomopatógeno (*Metarhizium anisopliae*) en el cultivo de maíz (*Zea mays*), la investigación se ejecutó en el cantón Milagro, provincia del Guayas. El mencionado estudio concluyo al identificar y posteriormente analizar los resultados obtenidos a través de las descripciones explicativas de dosis y tratamientos aplicados, los cuales causaron efectos favorables o su a vez desfavorables como respuesta en el manejo de la plaga en estudio.

##### 3.1.2 Diseño de investigación

El diseño de esta investigación parte desde el punto referencial, el cual fue recolectar los datos necesarios para poder realizar comparaciones en cuanto al nivel de control en cada una de las parcelas y muestras seleccionadas a ser experimentadas, de acuerdo con el planteamiento de las variables dependientes e independientes, la mediación de los tratamientos fue investigar el nivel de avance por cada variable ejecutada. Para ello fue necesario utilizar un diseño experimental el cual permita diferenciar las variables desde la etapa inicial hasta el final de la experimentación.

#### 3.2 Metodología

##### 3.2.1 Variables

##### 3.2.1.1. *Variable independiente*

Dosis de *Metarhizium Anisopliae*

### 3.2.1.2. Variable dependiente

Densidad poblacional de insectos por plantas: cigarritas (*Dalbulus maidis*)

Eficacia del biocida

### 3.2.2 Tratamientos

Para los tratamientos se utilizó el entomopatógeno *Metarhizium Anisopliae* en tres diferentes dosis (Tabla 1), el producto con una concentración de  $5.0 \times 10^{10}$  a  $1.0 \times 10^{11}$  esporas por envase.

**Tabla 1. Tratamientos y dosis experimentales.**

Número	Tratamiento	Frecuencia (dde*)	Dosis
1	<i>Metarhizium Anisopliae</i>	20 – 40	200 g /ha
2	<i>Metarhizium Anisopliae</i>	20 – 40	300 g /ha
3	<i>Metarhizium Anisopliae</i>	20 – 40	400 g /ha
4	Testigo	-----	-----

\*Días después de la emergencia de la planta  
León, 2023

### 3.2.3 Diseño experimental

Se utilizó el Diseño en Bloques Completamente al Azar (DBCA) con el propósito de evaluar la hipótesis de investigación planteada, teniendo 4 tratamientos y 5 repeticiones. Posterior a ello se realizó el análisis de varianza (ANOVA) y prueba de significancia de Tukey a un nivel de 0,05 para ver si existe diferencias estadísticas entre los tratamientos.

**Tabla 2. Esquema de análisis de varianza**

Fuente de variación	Formula	Desarrollo	Grados de libertad
Tratamientos (T-1)	t-1	4-1	3
Repeticiones (R-1)	r-1	5-1	4
Error Experimental	(t-1) (r-1)	3*4	12
Total	T*r-1	4*5-1	19

León, 2023

A continuación, se describen las delimitaciones experimentales:

**Tabla 3. Delimitaciones experimentales.**

<b>Descripción</b>	<b>Unidad</b>
Número de unidades experimentales por bloque	4
Número de repeticiones	5
Distancia entre plantas	0.30 m
Distancia entre surcos	0.80 m
Longitud de surcos	4 m
Ancho de unidad experimental	3.5 m
Largo de la unidad experimental	4 m
Distancia entre unidad experimental	1 m
Cantidad de semillas por golpe	2
Cantidad de semillas por surco	60
Cantidad de semillas por unidad experimental	240
Cantidad total de semillas por el experimento	7200 semillas
Área de la unidad experimental	14 m <sup>2</sup>

León, 2024

### **3.2.4 Recolección de datos**

En el trabajo experimental se ejecutó de acuerdo con las especificaciones de la toma de datos, posteriormente se realizó durante tres meses mientras se ejecutó el proceso en campo, mediante una ficha técnica se llevó el control de las variables establecidas y con el fin de encontrar el tratamiento en la dosis adecuada y/o eficiente.

#### **3.2.4.1. Recursos**

Materiales de campo

- Machete
- Cintas de colores
- Cinta métrica

- Balanza
- Vaso plástico con medida
- Bomba de mochila (20 l)
- Cuerda
- Estaquillas
- Espeque
- Pinza
- Pinceles
- Lupa
- Frascos con tapa rosca (20 cc)
- Alcohol al 70°
- Red entomológica
- Libreta de campo

Material Vegetal

### **3.2.5 Métodos y técnicas**

#### **Número de muestras de plantas a evaluar.**

El número de plantas a evaluar fueron un total de 10 plantas de los dos surcos centrales por cada unidad experimental, se realizarán en las 20 unidades experimentales teniendo datos para el análisis de la población de insectos por planta antes y después de la aplicación de los tratamientos, se realizó una evaluación a cada planta en cada tratamiento tomando datos correspondientes en función al desarrollo de la planta.

**Definición de la densidad poblacional para la cigarrita (*Dalbulus maidis*).**

Para definir las poblaciones de la cigarrita (*Dalbulus maidis*) en los diferentes tratamientos, se realizó mediante el muestreo escogiendo 10 plantas al azar de cada unidad experimental, contando con un total de 200 muestras, considerando plantas centrales dejando los bordes. Las evaluaciones se realizarán a primeras horas en la mañana entre las 7 am y 9 am, mediante la observación directa con la ayuda de lupa y se efectuó el conteo de la presencia de ninfas como de adultos de la cigarrita del maíz presentes en la macolla y ápice de las plantas seleccionada. El inicio de las evaluaciones se realizó en la fase vegetativa del cultivo a partir del día 15 posterior a la emergencia en la etapa V2 y en los posteriores etapas o fases de desarrollo hasta la etapa V7, teniendo un total de 6 evaluaciones de la población de la cigarrita en el cultivo del maíz a los 15, 20, 30 40, 50 y 60 días posterior a la emergencia de la planta.

**Número total de especímenes de *Dalbulus maidis* por tratamiento**

Para definir el número total de especímenes de la cigarrita por cada tratamiento, se contabilizó los insectos vivos observados en cada monitoreo realizado en los 6 intervalos durante la fase vegetativa del cultivo, desde la etapa V2 posterior a la emergencia de la planta hasta la etapa V7, en los días 15, 20, 30, 40, 50 y 60 días, con lo cual se estipulo la densidad poblacional y el total de especímenes del insecto en cada tratamiento.

**Analizar la eficiencia del entomopatógeno *Metarhizium Anisopliae* para el manejo de la cigarrita *Dalbulus maidis* del maíz**

La eficiencia de los tratamientos se determinó realizando la evaluación de los porcentajes en la reducción de las poblaciones del insecto en los diferentes tratamientos, esto a partir de la comparación de los resultados de la evaluación de

la población previo a la aplicación de los tratamientos con las evaluaciones posteriores a la aplicación de estos.

Se realizó monitoreos previos a la aplicación de los tratamientos para evaluar la población inicial a los 20 y 40 días después de la emergencia de la planta y de forma posterior a los 10 días de la aplicación de los tratamientos (30 y 50 días después de la emergencia de la planta) para determinar la población final y análisis de la eficiencia de los tratamientos.

El porcentaje de mortalidad o reducción de la densidad poblacional de la cigarrita se determinó mediante la fórmula de Henderson y Tilton:

$$\%Mortalidad = 100 * [1 - (Ta * Cb)/(Tb * Ca)]$$

donde,

Tb = insectos en el recuento previo al tratamiento en la parcela tratada

Ta = insectos después del tratamiento en la parcela tratada

Cb = insectos en el recuento previo en el testigo sin tratar

Ca = insectos después de los tratamientos en el testigo sin tratar

### **Relación beneficio costo (B/C)**

Se realizó una comparación de los gastos realizados en el experimento contra los gastos normales de una Ha de producción de maíz, costo que sea necesario se harán conversiones correspondientes para ajustar los resultados donde este dependió del área usada para la producción de maíz (Rodrigues, 2021).

$$\text{Beneficio/ Costo} = \frac{\text{Beneficio neto}}{\text{Costo de producción}}$$

### **3.2.6 Análisis estadístico**

El ANOVA factor estadístico a emplearse cuando se comparan las medias de tres o más grupos, puede indicar si al menos un par de medias es significativamente diferente. También requiere que la variable dependiente esté distribuida de manera

normal en cada uno de los grupos y que la variabilidad dentro de cada grupo sea similar en todos los grupos. El tratamiento asignado a las unidades experimentales, por lo tanto, las unidades experimentales son asignados sin ninguna otra restricción y para el proceso de evaluación de eficiencia se usan la prueba de Tukey al 95% de probabilidad.

Consideran que este se efectúa la diferencia significativa que corresponde al 0.05%, la cual permite determinar si la hipótesis aplicada es nula o alternativa. En esta faceta se obtiene la variable de respuesta, media global, efecto del tratamiento y error aleatorio.

## 4. RESULTADOS

### 4.1 Densidad poblacional para la cigarrita (*Dalbulus maidis*) por tratamiento.

De acuerdo con los resultados obtenidos el presente trabajo en referencia a la densidad poblacional de la cigarrilla del maíz (*Dalbulus maidis*), en la primera evaluación a los 15 días después de la emergencia de la planta no existió una diferencia estadística entre los tratamientos, considerando que a partir de la segunda evaluación a los 20 días se mostró diferencia estadística entre los diferentes tratamientos, para las posteriores evaluaciones (30, 40, 50 y 60 días) la diferencia estadística se marcó en el tratamiento testigo en referencia de los demás tratamientos (Tabla 4).

**Tabla 4. Densidad poblacional de la cigarrita (*Dalbulus maidis*)**

Tratamientos	Evaluación (DDE)*					
	15	20	30	40	50	60
T1 <i>M. anisopliae</i> (200g/ha)	3.60a	5.12ab	3.74ab	6.10a	3.40a	5.58a
T2 <i>M. anisopliae</i> (300g/ha)	3.50a	5.70c	3.20a	6.20a	3.22a	3.54a
T3 <i>M. anisopliae</i> (400g/ha)	3.70a	5.50bc	3.52a	6.60ab	3.44a	4.06a
T4 Testigo	3.42a	4.98a	6.34b	8.74b	10.16b	7.96b
<b>p valor</b>	0.298	0.017	0.002	0.005	0.007	0.001

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

\*Días después de la emergencia de la planta

León, 2024

Los resultados mostraron que la densidad poblacional de la cigarrita del maíz incremento el número de especímenes a partir de los 20 días posteriores a la emergencia de la planta, teniendo que en el testigo donde no se realizó la aplicación del entomopatógeno *Metarhizium anisopliae* y ningún tipo de medida de control las poblaciones siguieron incrementando hasta los 60 días, donde la población de la cigarrita comenzó a descender. Para los tratamientos con la aplicación *M. Anisopliae* la densidad poblacional fue fluctuante, es decir, que en cada aplicación

del entomopatógeno las poblaciones descendieron y se mantuvieron en niveles bajos cuando comparados con el testigo (Figura 1).

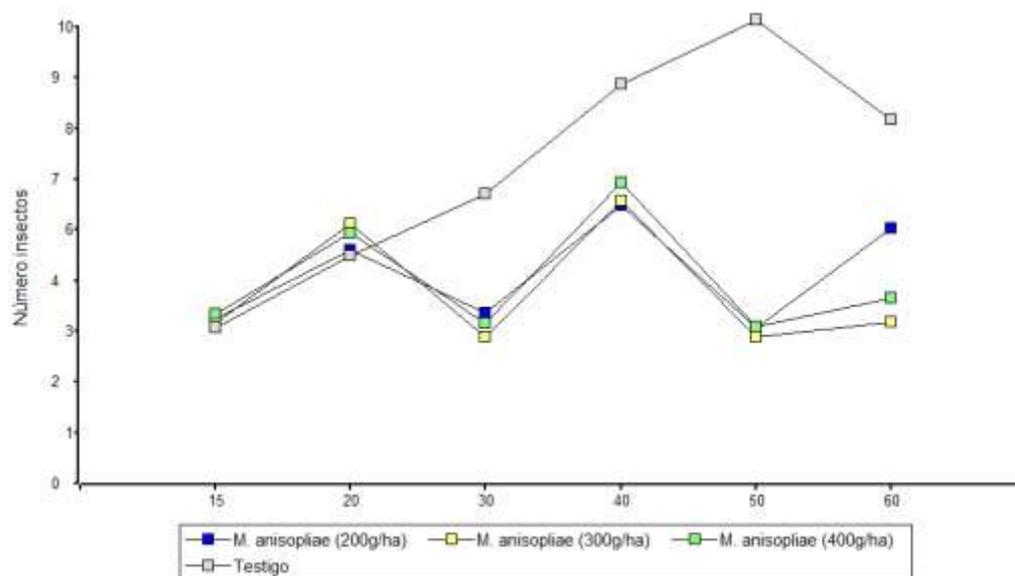


Figura 1. Densidad poblacional de *Dalbulus maidis* en el cultivo de maíz.

#### 4.2 Número total de especímenes de *Dalbulus maidis* por tratamiento.

Los resultados del análisis estadístico para el número de especies de la cigarrita del maíz *Dalbulus maidis* del total de monitoreos en los diferentes tratamientos muestran que no existió diferencia significativa para los tratamientos T2, T3 y T1, considerando que el T4 no difirió del tratamiento T1, pero sí de los demás tratamientos. La media más alta en cuanto al número de especímenes se presentó en el testigo (T4) con un número total de especímenes de 416.00 y con la menor media el T2 con un total de 253.60 especímenes (Tabla 5).

**Tabla 5. Número total de especímenes *Dalbulus maidis* por tratamiento**

Tratamientos	Medias	
T2 M. anisopliae (300g/ha)	253.60	a
T3 M. anisopliae (400g/ha)	268.40	a
T1 M. anisopliae (200g/ha)	275.40	ab
T4 Testigo	416.00	b
p valor	0.002	

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

León, 2024

#### 4.3 Eficiencia del entomopatógeno *Metarhizium Anisopliae* para el manejo de *Dalbulus maidis* en maíz en la primera aplicación.

Para determinar la eficacia de los diferentes tratamientos con el uso del entomopatógeno *Metarhizium anisopliae* para el manejo de la cigarrita *Dalbulus maidis*, se utilizó la fórmula de Henderson-Tilton. Los resultados muestran que el mejor tratamiento para el manejo de la cigarrita del maíz fue el T2 (*M. anisopliae* 300g/ha) con un 55.90 % en la eficacia, seguido del T3 (*M. anisopliae* 400g/ha) con un 49.73 % de eficacia y el T1 (*M. anisopliae* 200g/ha) con una eficacia de 42% para el control de la cigarrita del maíz *D. maidis* (Tabla 6).

**Tabla 6. Eficiencia de *Metarhizium anisopliae* para el manejo de *Dalbulus maidis* en la primera aplicación**

Tratamientos	Evaluación Inicial (10 DDE*)	Evaluación final (20 DDE*)	Promedio Eficacia (%)
T1 <i>Metarhizium anisopliae</i> (200g/ha)	5.1	3.7	42.62
T2 <i>Metarhizium anisopliae</i> (300g/ha)	5.7	3.2	55.90
T3 <i>Metarhizium anisopliae</i> (400g/ha)	5.5	3.5	49.73
T4 Testigo	5.0	6.3	0.00

\*Días después de la emergencia de la planta  
León, 2024

#### 4.4 Eficiencia del entomopatógeno *Metarhizium anisopliae* para el manejo de *Dalbulus maidis* en maíz en la segunda aplicación.

Para la segunda aplicación del entomopatógeno *Metarhizium anisopliae* para el manejo de la cigarrita *Dalbulus maidis* a los 40 días después a la emergencia de la planta, los resultados muestran al T2 (*M. anisopliae* 300g/ha) con mejor eficacia del 55.32% de acuerdo con el monitoreo en los posteriores 10 de aplicación del producto, seguido por el T3 (*M. anisopliae* 400g/ha) con un 55.32% en la eficacia

para la cigarrita del maíz y el T1 (*M. anisopliae* 200g/ha) con la menor eficacia con el 52.05% en la aplicación del entomopatógeno para el control de la cigarrita del maíz *D. maidis* (Tabla 7).

**Tabla 7. Eficiencia de *Metarhizium anisopliae* para el manejo de *Dalbulus maidis* en la segunda aplicación**

Tratamientos	Evaluación Inicial (40 DDE*)	Evaluación final (50 DDE*)	Promedio Eficacia (%)
T1 <i>Metarhizium anisopliae</i> (200g/ha)	6.1	3.4	52.05
T2 <i>Metarhizium anisopliae</i> (300g/ha)	6.2	3.2	55.32
T3 <i>Metarhizium anisopliae</i> (400g/ha)	6.6	3.4	55.16
T4 Testigo	8.7	10.2	0.00

\*Días después de la emergencia de la planta  
León, 2024

#### 4.5 Rendimiento (kg/ha) del cultivo de maíz por tratamiento.

En el análisis del rendimiento para los diferentes tratamientos, los resultados muestran que no existió una diferencia estadística entre los tratamientos donde se utilizó el entomopatógeno *Metarhizium anisopliae* (T1, T2 y T3) pero estos sí difirieron estadísticamente del testigo (T4). El mejor rendimiento se presentó en el T2 (*M. anisopliae* 300g/ha) con 3349.71 kg/ha en rendimiento seguido del T1 (*M. anisopliae* 200g/ha) con un rendimiento de 3324.65 kg/ha. Para el T3 (*M. anisopliae* 400g/ha) el rendimiento fue de 3323.33 kg/ha, teniendo con el menor valor en rendimiento al T4 (testigo) con 3166.41 kg/ha (Tabla 8).

**Tabla 8. Rendimiento (kg/ha) del cultivo de maíz por tratamiento**

Tratamientos	Medias	
T2 <i>M. anisopliae</i> (300g/ha)	3349.71	a
T1 <i>M. anisopliae</i> (200g/ha)	3324.65	a
T3 <i>M. anisopliae</i> (400g/ha)	3323.33	a
T4 Testigo	3166.41	b
p valor	0.0001	

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

León, 2024

#### 4.6 Relación beneficio costo (B/C) de los tratamientos.

Para el análisis del costo/beneficio se llevó gastos de los costos fijos y variables en a valores por hectárea por razón que los rendimientos se expresaron en Kg/ha. Los resultados mostraron que la mejor relación de beneficio costo se presentó en el T2 (*M. anisopliae* 300g/ha) con un valor de 1.50 seguido del T1 (*M. anisopliae* 300g/ha) con 1.49 en la relación beneficio/costo, para el T3 (*M. anisopliae* 300g/ha) se presentó un valor de 1.46 y el menor valor en la relación del beneficio/costo se presentó en el T4 (testigo) con un valor de 1.41 (Tabla 9)

**Tabla 9. Relación beneficio costo (B/C) de los tratamientos**

<b>Componentes</b>	<b>T1 M. anisopliae (200g/ha)</b>	<b>T2 M. anisopliae (300g/ha)</b>	<b>T3 M. anisopliae (400g/ha)</b>	<b>T4 Testigo</b>
Costos fijos (\$)	1050.00	1050.00	1050.00	1050.00
Costos variables (\$)	15.00	20.00	30.00	0.00
Costo total (\$)	1065.00	1070.00	1080.00	1050.00
Rendimiento (kg/ha)	3324.65	3349.71	3323.33	3166.41
Precio por kg (\$)	0.50	0.50	0.50	0.50
Ingreso bruto (\$)	1662.32	1674.85	1661.66	1583.20
Beneficio neto (\$)	597.32	608.85	581.66	533.20
Relación beneficio/costo	1.49	1.50	1.46	1.41

León, 2024

## 5. Discusión

La cigarrita del maíz *Dalbulus maidis* afecta en el cultivo durante la etapa vegetativa causando daños directos de forma mecánica y los daños indirectos al ser un transmisor de diferentes fitopatógenos. Las poblaciones del insecto incrementan paulatinamente con el desarrollo vegetativo del cultivo si no se realiza alguna medida de manejo.

En el presente trabajo el comportamiento de la densidad de la poblacional de *D. maidis* en el cultivo maíz fue fluctuante en los tratamientos donde se aplicó el entomopatógeno *Metarhizium anisopliae*, las poblaciones descendieron posterior a cada aplicación del entomopatógeno, siendo que, para el testigo sin la aplicación de ningún método de control el comportamiento en la densidad poblacional de la cigarrita fue en sentido ascendente el número de especímenes por planta se incrementó en cada monitoreo. Estos resultados concuerdan con el trabajo realizado por Borja (2023), donde el número de especímenes de la cigarrita mostraron un crecimiento a partir de los 10 días posterior a la emergencia de la planta, considerando que la dinámica poblacional fue variante cuando se aplicó diferentes tratamientos con insecticidas y para el testigo sin la aplicación de control, la población siguió un comportamiento ascendente incrementado el número de especímenes en cada muestreo realizado.

Dentro de la presente investigación los resultados de acuerdo con los diferentes muestreos de la cigarrita *D. maidis*, las poblaciones más bajas se presentaron en los tratamientos donde se aplicó el entomopatógeno *Metarhizium anisopliae*, siendo el T2 (*M. anisopliae* 300g/ha) el que obtuvo el menor valor con un número total de 253.60 especímenes al final de las evaluaciones realizadas durante el periodo del ensayo, siendo el testigo (T4) que reporto el número más alto de

especímenes con un total de 416.00 cigarrita del maíz al final del ensayo. Estos resultados tienen relación a los obtenidos en el trabajo realizado por Rossini, Santos, Ribeiro y de Barros (2020), donde se evaluó la aplicación de diferentes surfactantes con insecticidas para el manejo de *D. maidis*, teniendo las menores poblaciones con la aplicación de insecticidas con los surfactantes y para el testigo las poblaciones fueron mayores en las diferentes evaluaciones realizadas en la investigación.

En la presente investigación se evaluó la eficiencia del entomopatógeno *M. Anisopliae* sobre las poblaciones de la cigarrita *D. maidis* en el cultivo de maíz, el microorganismo mostro una eficiencia por encima del 50%, teniendo los mejores resultados con el T2 (*M. anisopliae* 300g/ha) en los dos intervalos de evaluación, con valores de 55.90% en la primera evaluación y con el valor de 55.32% para la segunda evaluación de la eficiencia del entomopatógeno sobre las poblaciones de la cigarrita del maíz *D. maidis*. Estos resultados tienen relación a los obtenidos en el trabajo de investigación realizada bajo condiciones contralados por Oliveira (2024), donde se evaluó la eficiencia de varias cepas del hongo entomopatógeno del género *Metarhizium* spp. para el control de *D. maidis*, donde la eficiencia de los microorganismos fue superior al 50%.

Los resultados del rendimiento en los diferentes tratamientos muestran al tratamiento T2 (*M. anisopliae* 300g/ha) con el mayor valor con 3348.71 kg/ha, seguido del T1 (*M. anisopliae* 300g/ha) con un rendimiento de 3324.65 kg/ha, T3 con 3323.33 kg/ha y con el menor rendimiento se presentó el T4 (Testigo) con un valor de 3166.41 kg/ha. Estos resultados tienen similitud a los obtenidos por Borja (2023), donde los rendimientos de diferentes tratamientos para el manejo de la

cigarrita del maíz mostraron un rango en los rendimientos entre 3822,92 kg/ha y 2621,53 kg/ha.

En relación con el beneficio/costos de los tratamientos, los resultados mostraron que no existió una mayor diferencia entre los tratamientos analizados, esto porque los valores de insumos en los tratamientos no marco un rango o diferencia significativa en los costos de producción, teniendo una relación beneficio/costo de 1.50 para el mejor tratamiento el T2 (*M. anisopliae* 300g/ha) y menor valor en la relación beneficio/costo el T4 (Testigo) con 1.41. En trabajo realizado por Mosquera (2021), se analizó la influencia de diferentes distancias de siembra en el cultivo de maíz dulce los valores del beneficio/costo de los tratamientos fueron claramente significativos entre los diferentes tratamientos, teniendo el mayor beneficio/costo en el tratamiento T4 (distancia de siembra 10cm\*100cm) con el valor de 7292,37 kg/ha y con el menor valor en rendimiento al T1 (distancia de siembra 70cm\*25cm) con 4406,35 kg/ha en la relación beneficio/costo.

## 6. Conclusiones

De acuerdo con los resultados obtenidos en la presente investigación, podemos concluir que el comportamiento de la densidad poblacional de la cigarrita del maíz *Dalbulus maidis* en el cultivo es de forma ascendente a medida que avanza en el desarrollo vegetativo. La aplicación del entomopatógeno *Metarhizium anisopliae* ayudo en la fluctuación poblacional de la cigarrita por debajo del testigo.

Los valores en el total de especímenes de la cigarrita del maíz son mayores cuando no se realiza alguna estrategia de control en el cultivo como se evidencio en el presente trabajo, donde el testigo absoluto obtuvo la mayor cantidad de especímenes de la cigarrita en relación con los tratamientos donde se aplicó el entomopatógeno *M. anisopliae* como medida de control.

La aplicación del entomopatógeno *M. anisopliae* para el manejo de las poblaciones de la cigarrita del maíz *D. maidis* es una opción de control amigable para el ambiente y los resultados mostraron eficiencia por encima del 50% teniendo una clara alternativa para uso sobre los insecticidas sintéticos.

La relación al beneficio/costo, este parámetro no fue significativo cuando se comparó los resultados obtenidos entre los tratamientos con la aplicación del entomopatógeno *M. anisopliae* como agente de control y el testigo absoluto sin la aplicación de alguna medida de manejo para la cigarrita del maíz *D. maidis*, es decir, que es una opción económicamente viable para el control del insecto en estudio.

## 7. Recomendaciones

El uso de agentes de control biológico para plagas agrícolas es una parte importante de la agricultura sostenible, contribuyen una opción al uso de los insecticidas sintéticos que afectan en gran medida al ambiente y microfauna de los suelos agrícolas.

Se recomienda la aplicación del entomopatógeno *Metarhizium anisopliae* para el manejo de la cigarrita del maíz *Dalbulus maidis* al tener un alto porcentaje en la eficacia para el control de las poblaciones del insecto.

Es recomendable la aplicación del entomopatógeno *M. anisopliae* en las primeras etapas de desarrollo vegetativo del cultivo de maíz para evitar el incremento en las poblaciones del insecto y las posibilidades de transmisión de los diferentes fitopatógenos de los cuales son transmisores.

Es importante que los agricultores conozcan el potencial de control del entomopatógeno *M. anisopliae* sobre las poblaciones de la cigarrita *D. maidis* siendo una opción sobre los insecticidas sintéticos sin afectar de forma negativa la fauna benéfica y el ambiente en general.

## 8. Bibliografía

- Acuña, B., y Vidaurre, M. (2021). *Uso de tres hongos entomopatógenos para el manejo de mosca blanca (Bemisia tabaci. G.) en el cultivo de tabaco (Nicotiana tabacum L.) Estelí, 2021*. Informe de tesis de grado , Universidad Nacional Agraria, Nicaragua.
- Aguilera, S., Rodríguez, J. G., Romero, V. N., Osorio, F., López, G., & Silva, L. (2019). Identification and abundance of six viruses and a spiroplasma in single and mixed infections in maize fields in Veracruz, Mexico. *Revista bio ciencias*, 6.
- Aguilar, C., Barrezueta, S., y Aguilar , E. (2022). Efecto de hongos entomopatógenos para el control de nematodos en el sistema radicular del banano. *Revista científica agroecosistemas*, 10(3), 107-114.
- Alama, A. (2020). *Efecto de tres concentraciones de Heterorhabditis bacteriophora poinar en la mortalidad de prepupas y pupas de Spodoptera frugiperda (Smith y Abbot) en el laboratorio e invernadero*. Informe de tesis de grado , Universidad Nacional de Trujillo, Perú.
- Alarcón, L., Carvajal , S., García , J., Gómez , M., y Ramos , J. (2021). *Manual para la produccion de Metarhizium anisopliae*. Informe de tesis de grado , Universidad Politécnica del Valle de Toluca, México.
- Alvarado, F. (2019). *Descripción etológica del gusano cogollero del cultivo de maíz (Zea mayz L,) en laboratorio CEASA, sector Salache provincia de Cotopaxi. Cotopaxi - Ecuador*. Informe de tesis de grado , Universidad Técnica de Cotopaxi , Cotopaxi, Ecuador.
- Arispe, J. L., Sánchez, A., & Galindo, M. E. (2019). Presencia de Diatraea saccharalis (Fabricius)(Lepidoptera: Crambidae) en Tepalcingo, Morelos,

- México, con evaluación del daño causado en el cultivo de maíz (*Zea mays* L.). *Revista Chilena de Entomología*, 45(4).
- Ayvar, S., Díaz, J. F., Vargas, M., Mena, A., Tejeda, M. A., & Cuevas, Z. (2020). Rentabilidad de sistemas de producción de grano y forraje de híbridos de maíz, con fertilización biológica y química en trópico seco. *Terra Latinoamericana*, 38(1), 9-16.
- Barajas, K., Toscano, F., Chan, W., y Sánchez, J. (2021). Emergencia, crecimiento y calidad de planta de dos genotipos de papaya (*Carica papaya* L.) inoculadas con hongos entomopatógenos. *Scientia Agropecuaria*, 13(4), 411.
- Boada, R., y Espinoza, J. (2019). Factores que limitan el potencial de rendimiento del maíz de polinización abierta en campos de pequeños productores de la Sierra de Ecuador. *Siembra*, 3(1), 67.
- Borja, C. S. (2023). Eficacia de diferentes insecticidas comerciales para el control de *Dalbulus maidis* en el cultivo de maíz (*Zea mays* L.)". (Tesis de pregrado). Universidad técnica Estatal de Quevedo, Ecuador.
- Bravo, B., y Carranza, K. (2022). *Uso De Hongos Entomopatógenos como alternativa en el control biológico de garrapatas en la provincia de Santo Domingo de los Tsáchilas*. Informe de tesis de grado, Universidad Técnica de Manabí, Manabí, Ecuador.
- Briones, E. (2019). *Influencia de la cianamida cálcica como fertilizante nitrogenado sobre la producción de grano de maíz en la zona de Simón Bolívar, Guayas*. Informe de tesis de grado, Universidad Técnica de Babahoyo, Los Ríos, Ecuador.

- Carrillo, M. T., & Blanco, A. (2009). Potencial y algunos de los mecanismos de acción de los hongos entomopatógenos para el control de insectos plaga. *Acta universitaria*, 19(2), 40-49.
- Castillo, P., Nole , I., y Silva , J. (2021). Parasitoides de la cigarrita marrón *Tagosodes orizicolus* Muir (Hemiptera: Delphacidae), insecto plaga del cultivo de arroz. *Manglar*, 18(2), 149.
- Caviedes, G. (2019). Producción de semilla de maíz en el Ecuador: retos y oportunidades. *ACI: Avances en Ciencias e Ingenierías*, 11(1), 19.
- Cepeda, G. (2019). Producción de semilla de maíz en el Ecuador: retos y oportunidades. *Avances en Ciencias e Ingenierías*, 11(1), 116.
- Constitución de la República del Ecuador . (2008). *Registro Oficial 449*. Quito, Ecuador .
- Davyt, B. (2022). *Ecología química y genes involucrados en la interacción entre insectos tenebriónidos y hongos entomopatógenos*. Informe de tesis doctoral, Universidad Nacional de la Plata , Argentina.
- Elizondo, A., Murguido, C., y Matamoros , M. (2019). *Patogenicidad de los hongos *Metarhizium anisopliae* (metschn), *Lecanicillium lecanii* (zimm), Zare & Gms y *Beauveria bassiana* (bals-criv.) Vuill sobre thrips palmi karny en el cultivo de la papa (*Solanum tuberosum* L.)*. Informe de tesis de grado , Universidad Autónoma de México, México.
- Flores, J., y Guillén , K. (2019). *Efecto de hongos entomopatógenos sobre la chicharrita del maíz (*Dalbulus maidis* DeLong y Wolcott: Hemíptera-Cicadellidae)*. Informe de tesis de grado , Universidad Nacional Agraria , Nicaragua.

- García, J. (2019). *Estudio de los microesclerocios formados por el hongo entomopatógeno Metarhizium robertsii Mt004: Producción, caracterización y actividad insecticida*. Informe de tesis doctoral , Universidad Nacional de Colombia , Colombia.
- Gualsaqui, J. (2022). *Evaluación del hongo entomopatógeno Beauveria bassiana en los cuatro estadios de desarrollo de la mosca blanca (Bemisia tabaci) en la Granja Experimental La Pradera*. Informe de tesis de grado , Universidad Técnica del Norte , Ibarra, Ecuador.
- Hasang, E., García , S., Carrillo, M., Durango, W., y Cobos , F. (2021). Sustentabilidad del sistema de producción del maíz, en la provincia de Los Ríos (Ecuador), bajo la metodología multicriterio de Sarandón. *Journal of the Selva Andina biosphere*, 9(1), 26.
- Hernández, B. M., Rodríguez, M. C., Castilla, P., Sánchez, J., Vela, G., & Schettino-Bermúdez, B. (2019). Uso potencial de cianobacterias como biofertilizante para el cultivo de maíz azul en la Ciudad de México. *Revista latinoamericana de biotecnología ambiental y algal*, 10(1), 13-27.
- Hernández, A., Estrada Drouaillet, B., Rodríguez-Herrera, R., García Giron, J. M., Patiño, S. A., & Osorio, E. (2019). Importancia del control biológico de plagas en maíz (*Zea mays* L.). *Revista mexicana de ciencias agrícolas*, 10(4), 803-813.
- Ibarra, G., Moya, G., y Berlanga, A. (2005). Efecto de *Beauveria bassiana* y *Metarhizium anisopliae* sobre la chicharrita del maíz (*Dalbulus maidis*)(DeLong y Wolcott, 1923)(Hemiptera: Cicadellidae). *Folia Entomol. Mex*, 44(1), 1-6.

- Instituto Nacional de Estadística y Censo (INEC). (2010). *Censo poblacional*. Quito, Ecuador.
- Julca, J. (2022). *Efecto de Lecanicillium lecanii (Zimm.) y Beauveria bassiana (Bals) Vuill. sobre ácaros en el cultivo de rosa (Rosa sp.) bajo invernadero en Cajamarca*. Informe de tesis de grado , Universidad Nacional de Cajamarca , Perú.
- Justiniano, E. (2020). *Fenología e intensidad de color en corontas del maíz (Zea mays) en sus diferentes estados de desarrollo en la localidad de La Molina*. Informe de tesis de grado , Universidad Nacional Agraria La Molina, Lima, Perú.
- Lavilla, M., Heck, M., y Fariza, S. (2023). Morphological detection of charcoal rot in soybean and corn in Misiones, Argentina. *Agronomía Mesoamericana*, 15.
- Ley Orgánica del Régimen de Soberanía Alimentaria. (2009). *Registro Oficial N° 583*. Quito, Ecuador .
- Llanos, X., Macías, G., Mendoza, A., y Zambrano , E. (2020). Evaluación socioeconómica de la producción de maíz en la zona norte de la provincia de Los Ríos. *Journal of business and entrepreneurial studie*, 4(2).
- Martínez, F. (2022). Situación del cultivo de maíz en Guatemala: principales limitaciones en la productividad. *Avances en Ciencias e Ingenierías*, 14(1), 16.
- Molinar, M. (2022). *Estimulación inmunitaria contra hongos entomopatógenos en Rhodnius pallescens*. Informe de tesis de maestría , Universidad de Panamá, Panamá.

- Mosquera, A. P. G. (2021). Influencia de tres distanciamientos de siembra en la producción de maíz dulce (*Zea mays saccharata*). (Tesis de pregrado). Universidad Agraria del Ecuador, Ecuador.
- Narváez, A., Vásquez, H., Zapata, P., y Caicedo, A. (2021). Evaluación de hongos entomopatógenos y antagonistas para el manejo de evaluación de *eurhizococcus colombianus* en el Valle del Cauca, Colombia. *Revista de Investigación Agraria y Ambiental*, 13(2), 113-124.
- Oliveira, A. C. D. (2024). Nematoides e fungos entomopatogênicos no controle de *Dalbulus maidis* (DeLong & Wolcott) e seletividade de produtos fitossanitários registrados para a cultura do milho. (Dissertação De Mestrado). Universidade Federal de Uberlândia, Brazil.
- Oliveira, C. M. D., y Frizzas, M. R. (2022). Eight decades of *Dalbulus maidis* (DeLong & Wolcott)(Hemiptera, Cicadellidae) in Brazil: what we know and what we need to know. *Neotropical Entomology*, 51(1), 1-17.
- Ponguillo, E. (2022). *Reactivación del hongo entomopatógeno Beauveria bassianaa través de modelos bioimpresos en 3D*. Informe de tesis de grado , Universidad San Francisco de Quito , Quito, Ecuador.
- Pucheta, M., Flores, A., Rodríguez, S., y De la Torre, M. (2020). Mecanismo de acción de los hongos entomopatógenos. *Interciencia*, 31(12), 856-860.
- Querino, R. B., Meneses, A. R., Luft Albarracin, E. B., Oliveira, C. D., & Triapitsyn, S. V. (2017). Biological control de *Dalbulus maidis* in Brazil: An overview of the parasitoids.
- Rivas Cano, A., & Rodríguez Chalarca, J. (2020). Descripción de los estados de desarrollo de *Dalbulus maidis* (DeLong)(Hemiptera: Cicadellidae) Vector de enfermedades en maíz. CIAT Publication.

- Rodrigues, N. (2021). Cómo realizar un análisis de costo-beneficio paso a paso. Retrieved September 5, 2022, from <https://blog.hubspot.es/sales/analisis-costo-beneficio>
- Rossini, L. A. D. C. J., Santos, G., Ribeiro, J. D., y de Barros Reis, F. (2020). Associação de surfactantes a inseticidas para o controle de *Dalbulus maidis* (DeLong y Wolcott, 1923)(hemiptera: cicadellidae) na cultura do milho. *Brazilian Journal of Animal and Environmental Research*, 3(4), 4022-4029.
- Salazar, K. (2022). *Evaluación de hongos entomopatógenos en el control de Bactericera Cockerelli Sûlc en el cultivo de papa (Solanum Tuberosum L.), Caranqui, Imbabura*. Informe de tesis de grado , Universidad Técnica del Norte , Imbabura, Ecuador.
- Santos, D. D. (2023). Estratégias de manejo com bioinsumos para *Dalbulus maidis*, incluindo em plantas não hospedeiras. (Tesis de pregrado). Instituto Federal Goiano. Urutaí, Goiano, Brasil.
- SIPA. (2023). Sistema de Información Pública Agropecuaria. Cifras Agroproductivas - Principales Cultivos 2021. Retrieved 20 May 2023, from <http://sipa.agricultura.gob.ec/index.php/cifras-agroproductivas>
- Soto, J. M., Medina, J., & Hernández, M. (2019). Impacto de las enfermedades en el rendimiento de genotipos de maíz. *AGROECOSISTEMAS TROPICALES*, 296.
- Trejo, M. (2022). *Modo de acción de Isaria fomesorozea como micoinsecticida sobre plagas de importancia económica*. Informe de tesis doctoral , Universidad Autónoma Metropolitana , Guayaquil, Ecuador.
- Vásquez, J. (2021). *Mortalidad de Brevipalpus yothersi ocasionada por la interacción entre Amblyseius swirskii, Neoseiulus californicus y tres hongos*

*entomopatógenos (Doctoral dissertation)*. Informe de tesis doctoral , Colegio de Postgraduados, México.

Vivekanandhan, P., Swathy, K., Murugan, A., y Krutmuang, P. (2022). Insecticidal efficacy of *Metarhizium anisopliae* derived chemical constituents against disease-vector mosquitoes. *Journal of Fungi*, 8(3), 300.

Zambrano, C. E., & Andrade Arias, M. S. (2021). Productividad y precios de maíz duro pre y post Covid-19 en el Ecuador. *Revista Universidad y Sociedad*, 13(4), 143-150.

Zapata, P. (2020). Estandarización del método de multiplicación vegetativa de la mora de Castilla *Rubus glaucus*, cvr sin (formerly *Paecilomyces farinosus*) and the *Isaria fumosorosea* species complex (formerly *Paecilomyces fumosoroseus*): biology, ecology and use in biological. *Biocontrol Science and Technology*, 18(9), 865-901.

## 9. Anexos

Variable	TRATAMIENTOS	N	Medias	D.E.	Promedio rangos	H	p
15	M. anisopliae (200g/ha)	5	3,60	0,29	11,40	3,59	0,2988
15	M. anisopliae (300g/ha)	5	3,50	0,16	9,40		
15	M. anisopliae (400g/ha)	5	3,72	0,27	14,00		
15	Testigo	5	3,42	0,19	7,20		

Trat.	Medias	Ranks
M. anisopliae (400g/ha)	3,72	14,00 A
M. anisopliae (200g/ha)	3,60	11,40 A
M. anisopliae (300g/ha)	3,50	9,40 A
Testigo	3,42	7,20 A

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

**Figura 2 Análisis estadístico de densidad poblacional para la cigarrita (*Dalbulus maidis*) a los 15 días.**

León, 2024

Variable	TRATAMIENTOS	N	Medias	D.E.	Promedio rangos	H	p
20	M. anisopliae (200g/ha)	5	5,12	0,29	7,40	10,03	0,0172
20	M. anisopliae (300g/ha)	5	5,70	0,48	15,30		
20	M. anisopliae (400g/ha)	5	5,50	0,24	13,90		
20	Testigo	5	4,98	0,28	5,40		

Trat.	Medias	Ranks
Testigo	4,98	5,40 A
M. anisopliae (200g/ha)	5,12	7,40 A B
M. anisopliae (400g/ha)	5,50	13,90 B C
M. anisopliae (300g/ha)	5,70	15,30 C

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

**Figura 3 Análisis estadístico de densidad poblacional para la cigarrita (*Dalbulus maidis*) a los 20 días.**

León, 2024

Variable	TRATAMIENTOS	N	Medias	D.E.	Promedio rangos	H	p
30	M. anisopliae (200g/ha)	5	3,74	0,28	11,00	14,29	0,0024
30	M. anisopliae (300g/ha)	5	3,20	0,25	4,10		
30	M. anisopliae (400g/ha)	5	3,52	0,33	8,90		
30	Testigo	5	6,34	0,23	18,00		

Trat.	Medias	Ranks
M. anisopliae (300g/ha)	3,20	4,10 A
M. anisopliae (400g/ha)	3,52	8,90 A
M. anisopliae (200g/ha)	3,74	11,00 A B
Testigo	6,34	18,00 B

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

**Figura 4 Análisis estadístico de densidad poblacional para la cigarrita (*Dalbulus maidis*) a los 30 días.**

León, 2024

Variable	TRATAMIENTOS	N	Medias	D.E.	Promedio rangos	H	p
40	M. anisopliae (200g/ha)	5	6,10	0,12	6,00	12,50	0,0057
40	M. anisopliae (300g/ha)	5	6,20	0,41	7,20		
40	M. anisopliae (400g/ha)	5	6,60	0,58	10,80		
40	Testigo	5	8,74	0,49	18,00		

Trat.	Medias	Ranks	
M. anisopliae (200g/ha)	6,10	6,00	A
M. anisopliae (300g/ha)	6,20	7,20	A
M. anisopliae (400g/ha)	6,60	10,80	A B
Testigo	8,74	18,00	B

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

**Figura 5** Análisis estadístico de densidad poblacional para la cigarrita (*Dalbulus maidis*) a los 40 días.

León, 2024

Variable	TRATAMIENTOS	N	Medias	D.E.	Promedio rangos	H	p
50	M. anisopliae (200g/ha)	5	3,40	0,29	8,70	12,02	0,0070
50	M. anisopliae (300g/ha)	5	3,22	0,19	5,60		
50	M. anisopliae (400g/ha)	5	3,44	0,24	9,70		
50	Testigo	5	10,16	0,42	18,00		

Trat.	Medias	Ranks	
M. anisopliae (300g/ha)	3,22	5,60	A
M. anisopliae (200g/ha)	3,40	8,70	A
M. anisopliae (400g/ha)	3,44	9,70	A
Testigo	10,16	18,00	B

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

**Figura 6** Análisis estadístico de densidad poblacional para la cigarrita (*Dalbulus maidis*) a los 50 días.

León, 2024

Variable	TRATAMIENTOS	N	Medias	D.E.	Promedio rangos	H	p
60	M. anisopliae (200g/ha)	5	5,58	0,95	12,60	15,48	0,0014
60	M. anisopliae (300g/ha)	5	3,54	0,37	4,80		
60	M. anisopliae (400g/ha)	5	4,06	1,02	6,60		
60	Testigo	5	7,96	0,68	18,00		

Trat.	Medias	Ranks	
M. anisopliae (300g/ha)	3,54	4,80	A
M. anisopliae (400g/ha)	4,06	6,60	A B
M. anisopliae (200g/ha)	5,58	12,60	B C
Testigo	7,96	18,00	C

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

**Figura 7** Análisis estadístico de densidad poblacional para la cigarrita (*Dalbulus maidis*) a los 60 días.

León, 2024

Variable	Tratamiento	N	Medias	D.E.	Promedio rangos	H	p
Especímenes M. anisopliae	(200g/ha)	5	275,40	8,79	11,10	14,63	0,0021
Especímenes M. anisopliae	(300g/ha)	5	253,60	9,50	3,90		
Especímenes M. anisopliae	(400g/ha)	5	268,40	13,56	9,00		
Especímenes Testigo		5	416,00	9,06	18,00		

Trat.	Medias	Ranks
M. anisopliae (300g/ha)	253,60	3,90 A
M. anisopliae (400g/ha)	268,40	9,00 A
M. anisopliae (200g/ha)	275,40	11,10 A B
Testigo	416,00	18,00 B

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

**Figura 8** Análisis estadístico del número total de especímenes de *Dalbulus maidis* por tratamiento.

León, 2024

### Análisis de la varianza

Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV
Rendimiento kg/ha	20	0,88	0,81	1,10

### Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	116998,68	7	16714,10	12,86	0,0001
TRATAMIENTOS	105734,21	3	35244,74	27,12	<0,0001
Bloques	11264,48	4	2816,12	2,17	0,1347
Error	15595,73	12	1299,64		
Total	132594,41	19			

Test: Tukey Alfa=0,05 DMS=67,69209

Error: 1299,6441 gl: 12

TRATAMIENTOS	Medias	n	E.E.
M. Anisopliae (300 g /ha)	3349,71	5	16,12 A
M. Anisopliae (200 g /ha)	3324,65	5	16,12 A
M. Anisopliae (400 g /ha)	3323,33	5	16,12 A
Testigo	3166,41	5	16,12 B

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

**Figura 9** Análisis estadístico del rendimiento del cultivo de maíz por tratamiento.

León, 2024



Figura 10 Producto con el entomopatógeno *Metarhizium anisopliae*.  
León, 2024



Figura 11 Siembra de cultivo de maíz para instalación del proyecto de investigación.  
León, 2024



**Figura 12. Delimitación e identificación del área para el proyecto de investigación.**  
 León, 2024



**Figura 13 Monitoreo de la cigarrita de maíz *Dalbulus maidis* en el área experimental.**  
 León, 2024



Figura 14 Preparación tratamientos con *Metarhizium anisopliae*. León, 2024



Figura 15 Aplicación del entomopatógeno *Metarhizium anisopliae*. León, 2024



**Figura 16** Visita del docente guía al área experimental.  
León, 2024



**Figura 17** Supervisión del trabajo de investigación por parte del docente guía.  
León, 2024



Figura 18 Evaluación de la aplicación de *Metarhizium anisopliae* para el manejo de *Dalbulus maidis*. León, 2024



Figura 19 Conteo de especímenes de la cigarrita de maíz *Dalbulus maidis*. León, 2024