



UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA ECOTEC

FACULTAD DE INGENIERÍAS, ARQUITECTURA Y CIENCIAS DE
LA NATURALEZA

TÍTULO DEL TRABAJO:

EVALUACIÓN DEL CONTROL DE Ooebalus insulares EN EL CULTIVO DE ARROZ Oryza
sativa MEDIANTE EL USO DE Metarhizium, COLIMES 2024.

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:

GESTIÓN DE PROCESOS PRODUCTIVOS AGRÍCOLAS

MODALIDAD DE TITULACIÓN:

TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR

CARRERA:

INGENIERÍA AGRÓNOMA

TÍTULO A OBTENER:

INGENIERO AGRÓNOMO

AUTOR:

JEREMY MICKEY MUÑOZ MENDOZA

TUTORA:

BARAONA OBANDO MARIANELA
ROSAS HERNANDEZ JOSÉ IBRAHIM

SAMBORONDON

2024

Agradecimientos

A Dios, a mi familia que siempre me ha brindado el apoyo incondicional, en especial a mi madre Martha Mendoza por brindarme la oportunidad de estudiar y ser alguien en la vida. Le dedico este trabajo de tesis a mi abuelo Beltran Mendoza por ser la fuente de inspiración.

A mis amigos Lisseth, Dayana, Michelle, Odalis, Oscar, Milton, jhalmar, Carlos, fabricio, Yandry, Alejandro, por estar presente en todo este trayecto. Por el apoyo que me daban a lo largo de la carrera, las risas y el cariño que me brindaban. Agradezco a Karla una persona especial que estuvo conmigo en todo momento y fue parte de todo este proceso.



ANEXO No. 9

**PROCESO DE TITULACIÓN
CERTIFICADO DE APROBACIÓN DEL TUTOR**

Samborondón, 06 de agosto de 2024

Magíster

Erika Ascencio Jordán

Unidad Académica: Facultad de Ingenierías, Arquitectura y Ciencias de la Naturaleza

Universidad Tecnológica ECOTEC

De mis consideraciones:

Por medio de la presente comunico a usted que el trabajo de titulación TITULADO: EVALUACIÓN DEL CONTROL DE *Oebalus insularis* EN EL CULTIVO DE ARROZ *Oryza sativa* MEDIANTE EL USO DE *Metarhizium*, COLIMES 2024., fue revisado, siendo su contenido original en su totalidad, así como el cumplimiento de los requerimientos establecidos en la guía para su elaboración, por lo que se autoriza al estudiante MUÑOZ MENDOZA JEREMMY MICKEY, para que proceda con la presentación oral del mismo.

Atentamente,



**José Hernández Rosas, PhD.
Tutor(a)**



ANEXO No. 12

CERTIFICADO DE APROBACIÓN DEL TUTOR PARA LA PRESENTACIÓN DEL TRABAJO DE TITULACIÓN CON INCORPORACIÓN DE LAS OBSERVACIONES DE LOS MIEMBROS DEL TRIBUNAL

Samborondón, 12 de agosto de 2024

Magíster

Erika Ascencio Jordán

Unidad Académica: Facultad de Ingenierías, Arquitectura y Ciencias de la Naturaleza
Universidad Tecnológica ECOTEC

De mis consideraciones:

Por medio de la presente comunico a usted que el trabajo de titulación TITULADO: : EVALUACIÓN DEL CONTROL DE *Oebalus insulares* EN EL CULTIVO DE ARROZ *Oryza sativa* MEDIANTE EL USO DE *Metarhizium*, COLIMES 2024; fue revisado y se deja constancia que el estudiante acogió e incorporó todas las observaciones realizadas por los miembros del tribunal de sustentación por lo que se autoriza a: **MUÑOZ MENDOZA JEREMMY MICKEY**, para que proceda a la presentación del trabajo de titulación para la revisión de los miembros del tribunal de sustentación y posterior sustentación.

Atentamente,

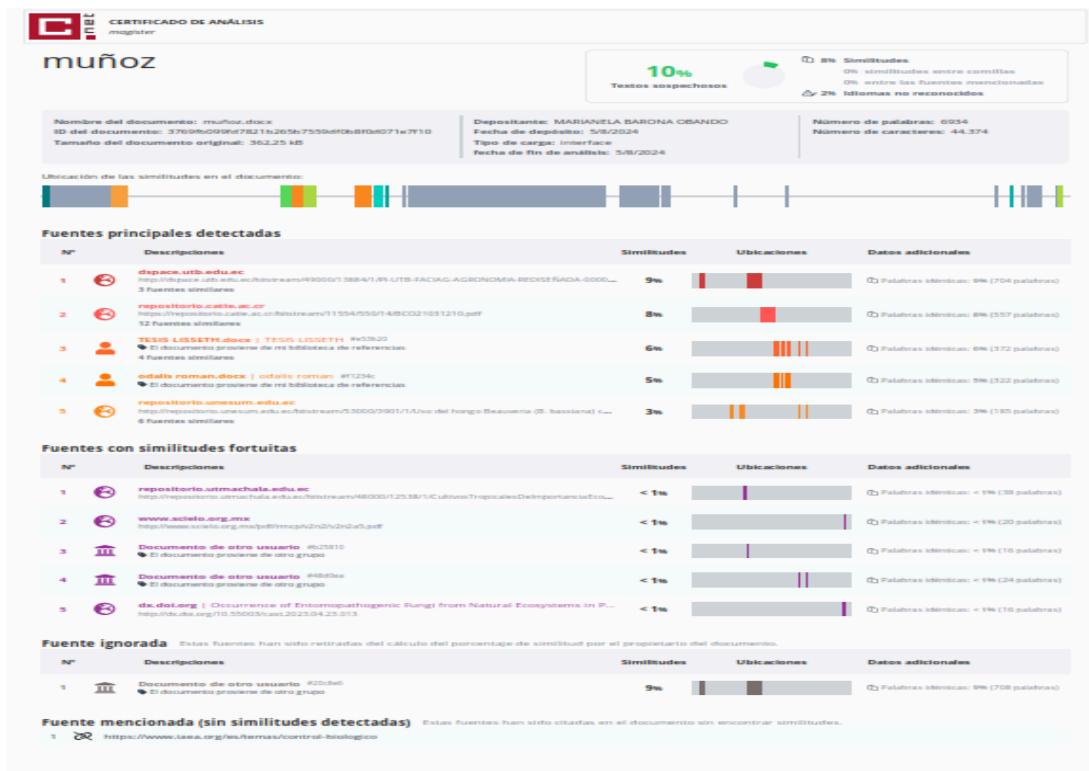


José Hernández Rosas, PhD.
Tutor(a)

ANEXO No. 10

**PROCESO DE TITULACIÓN
CERTIFICADO DEL PORCENTAJE DE COINCIDENCIAS
DEL TRABAJO DE TITULACIÓN**

Habiendo sido revisado el trabajo de titulación TITULADO: EVALUACIÓN DEL CONTROL DE Oebalus insulares EN EL CULTIVO DE ARROZ *Oryza sativa* MEDIANTE EL USO DE Metarhizium, COLIMES 2024., elaborado por MUÑOZ MENDOZA JEREMMY MICKEY, fue remitido al sistema de coincidencias en todo su contenido el mismo que presentó un porcentaje del (10%) mismo que cumple con el valor aceptado para su presentación que es inferior o igual al 10% sobre el total de hojas del documento. Adicional se adjunta print de pantalla de dicho resultado.



Atentamente,



Señalé el reconocimiento por:
**JOSE IBRAHIN
HERNANDEZ ROSAS**

**José Hernández Rosas, PhD.
Tutor(a)**

Resumen

El propósito de esta investigación es determinar la dosis óptima de *Metarhizium* aplicado a nivel foliar para controlar la población del chinche de la espiga *Oebalus insularis* durante la etapa reproductiva y de maduración del arroz en el cantón Colimes. El estudio se llevó a cabo en un área aproximada de 200 m², dividida en bloques de 5x5 m, de los cuales 125 m² fueron destinados para la aplicación del tratamiento. Se evaluó la eficacia de distintas dosis de *Metarhizium anisopliae*, comparándolas con un grupo testigo sin tratamiento. Los resultados mostraron que la dosis de 600 g de *Metarhizium anisopliae* resultó en la menor cantidad de panículas afectadas por *Oebalus insularis* en comparación con la dosis de 200 g y el testigo, que presentaron una mayor cantidad de plantas dañadas. Se concluye que la aplicación de *Metarhizium anisopliae* a una dosis de 600 g es más efectiva para reducir los daños causados por *Oebalus insularis* en el cultivo de arroz en la etapa reproductiva y de maduración. Estas conclusiones sugieren que la dosis de 600 g es la más adecuada para el control biológico del chinche de la espiga en el contexto estudiado, lo que podría implicar una recomendación para su uso en prácticas agrícolas para mejorar el manejo integrado de plagas en cultivos de arroz.

Palabras clave: *Metarhizium anisopliae*, *Oebalus insularis*, Control biológico, Dosis, Cultivo de arroz

Abstract

The purpose of this research is to determine the optimal dose of *Metarhizium* applied at the foliar level to control the population of the ear bug *Oebalus insularis* during the reproductive and maturation stage of rice in the Colimes canton. The study was carried out in an area of approximately 200 m², divided into 5x5 m blocks, of which 125 m² were allocated for the application of the treatment. The efficacy of different doses of *Metarhizium anisopliae* was evaluated, comparing them with a control group without treatment. The results showed that the dose of 600 g of *Metarhizium anisopliae* resulted in the lowest number of panicles affected by *Oebalus insularis* compared to the dose of 200 g and the control, which had a greater number of damaged plants. It is concluded that the application of *Metarhizium anisopliae* at a dose of 600 g is more effective in reducing the damage caused by *Oebalus insularis* in rice cultivation in the reproductive and maturation stage. These conclusions suggest that the dose of 600 g is the most appropriate for the biological control of the tassel bug in the context studied, which could imply a recommendation for its use in agricultural practices to improve integrated pest management in rice crops.

Keywords: *Metarhizium anisopliae*, *Oebalus insularis*, Biological control, Dose, Rice cultivation

INDICE

| | |
|--|-----------|
| Agradecimientos | 2 |
| Índice de tablas | 5 |
| Índice de figuras | 6 |
| 1. Resumen | 7 |
| 2. Abstract | 8 |
| 3. Introducción | 9 |
| 3.1. Antecedentes del problema | 9 |
| 3.2. Planteamiento y formulación del problema | 11 |
| 3.2.1. Planteamiento del problema | 11 |
| 3.2.2. Formulación del problema | 11 |
| 3.3. Justificación de la investigación | 11 |
| 3.4. Objetivo general | 12 |
| 3.5. Objetivos específicos | 12 |
| 4. Marco teórico | 13 |
| 4.1. Estado del arte | 13 |
| 4.2. Bases teóricas | 16 |
| 4.2.1. <i>Control biológico</i> | 16 |
| 4.2.2. <i>Arroz</i> | 16 |
| 4.2.2.1. Origen y distribución | 16 |
| 4.2.2.2. Taxonomía | 17 |
| La clasificación taxonómica del arroz es la siguiente (Marino, 2019). | 17 |
| 4.2.2.3. Morfología | 17 |
| 4.2.3. <i>Fases fenológicas</i> | 18 |

| | |
|--|-----------|
| 4.2.3.1. Fase Vegetativa | 18 |
| 4.2.3.2. Fase reproductiva | 18 |
| 4.2.3.3. Fase de maduración | 18 |
| 4.2.3.4. Cosecha | 18 |
| 4.2.4. <i>O. insulares</i> | 18 |
| 4.2.4.1. Taxonomía de <i>O. insulares</i> | 18 |
| 4.2.4.2. Biología y habito de <i>O. insularis</i> | 19 |
| 4.2.4.3. Huevo | 19 |
| 4.2.4.4. Ninfa | 20 |
| 4.2.4.5. Adulto | 20 |
| 4.2.5. <i>Metarhizium anisopliae</i> | 21 |
| 4.2.5.1. Ciclo de vida | 21 |
| 5. Materiales y métodos | 24 |
| 5.1. Delimitación de la investigación | 24 |
| 5.2. Espacio: Lugar donde se ejecutará el desarrollo del trabajo de titulación. | 24 |
| 5.3. Tiempo | 25 |
| 5.4. Población | 25 |
| 5.5. Enfoque de la investigación | 25 |
| 5.5.1. <i>Tipo de investigación</i> | 25 |
| 5.5.2. <i>Diseño de investigación</i> | 25 |
| 5.6. Metodología | 25 |
| 5.6.1. <i>Variables</i> | 25 |
| 5.6.1.1. Variable independiente lo que puedo hacer | 25 |
| 5.6.1.2. Variable dependiente no puedo controlar | 26 |



| | |
|---|-----------|
| 5.6.2. Hipótesis | 26 |
| 5.6.3. Diseño experimental | 26 |
| 3.3.4 Recursos | 27 |
| 5.6.4. Métodos y técnicas | 27 |
| 5.6.4.1. Diagrama de flujo de las actividades experimentales a realizar durante su trabajo de titulación | 28 |
| 5.6.5. Análisis estadístico | 29 |
| 5.6.6. Cronograma de actividades | 29 |
| 6. Resultados | 30 |
| 6.1. Aplicar diferentes dosis de <i>Metarhizium anisopliae</i> | 30 |
| 6.2. Evaluar la dosis óptima de <i>Metarhizium anisopliae</i> para el control de chinche de la espiga en el cultivo de arroz | 30 |
| 6.3. Analizar la productividad del arroz después de la aplicación. | 31 |
| 7. Discusión | 34 |
| 8. Conclusión | 37 |
| 9. Recomendaciones | 39 |
| 10. Bibliografía | 40 |

Índice de tablas

| | |
|----------|----|
| Tabla 1 | 26 |
| Tabla 2 | 26 |
| Tabla 3. | 29 |
| Tabla 4 | 30 |
| Tabla 5 | 31 |
| Tabla 6 | 31 |
| Tabla 7 | 32 |
| Tabla 8 | 32 |
| Tabla 9 | 33 |

Índice de figuras

1. Introducción

1.1. Antecedentes del problema

El arroz (*Oryza sativa* L.) es uno de los cultivos más importantes a nivel mundial, el que está presente en más de 113 países y contribuye a la alimentación de la mitad de la población del mundo (FAO, 2006). El arroz aporta el 50% del total de calorías a la dieta de la población panameña. (Zachrisson, 2014)

El arroz conforma, junto al maíz y al trigo, la trilogía de cereales más cultivados del mundo. Desde el punto de vista histórico, cultural y alimenticio tiene tanta importancia para Asia como el maíz para América y el trigo para Europa, es decir acompañó a los pueblos de esas regiones en su evolución. Para vastos pueblos del mundo representa más del 50% del total de calorías diarias ingeridas y en esas regiones llega a un consumo de hasta 237 kg por habitante por año. Si bien su origen geográfico se remonta a zonas de Asia tropical, hoy sus variedades se han diseminado por todo el mundo y están adaptadas a todos los ambientes, desde las altas montañas hasta la ribera de los ríos y desde el ecuador a altas latitudes en Sudamérica (María, 2015).

El conocimiento de los insectos plaga asociados al arroz, al igual que en otros cultivos, representa una información de vital importancia, si se considera que estos pueden incidir sobre los rendimientos e incrementar los costos de producción a través de las medidas que hay que instrumentar para su control. Mundialmente el método de control más utilizado es el químico, sin que se consideren otras medidas alternas (CIAT, 1989).

A nivel mundial las plagas del arroz destruyen cerca del 35% de la producción, siendo un 12% por los insectos, 10% por las malezas, 12% por los patógenos y 1% por los vertebrados que se alimentan del grano y dañan tallos

(Pantoja & A. Fischer, 1997).

Entre las plagas más importantes del arroz bajo riego se encuentra la chinche vaneadora del arroz, *Oebalus* spp. de la familia Pentatomidae. Tanto los adultos como ninfas causan daños al alimentarse de la panícula. Los granos al ser succionados pueden quedar total o parcialmente vacíos o quebrarse en el momento del molinado, lo cual ocasiona pérdidas en el rendimiento y mala calidad del grano (Vivas, 1997).

El chinche del arroz, es una de las especies reportadas como insectos plagas por su incidencia en los cultivos, llegando a representar el 95% de insectos encontrados en los campos lo que torna vital que se busquen alternativas de control amigable con el ambiente para mejorar el nivel de producción, dado que su daño es conocido como el “manchado de grano”, afecta cualitativa y cuantitativamente la calidad del arroz (Rodríguez, 1998).

Por lo general, las practicas comunes para el control de *O. insularis*, es a través de insecticidas desafortunadamente el uso recurrente de pesticidas puede generar resistencia en las plagas y enfermedades los daños ocasionados se ven reflejados en el ecosistema incluso los enemigos naturales presentes en el área serán afectados provocan un desequilibrio ecológico (Ruiz-Jimenez et al., 2021).

Se conoce la ocurrencia natural de enfermedades sobre los insectos de diferentes órdenes, siendo los hongos *Beauveria bassiana* y *Metarhizium anisopliae*, los entomopatógenos más ampliamente utilizados en el manejo de insectos plagas de importancia en la agricultura (Lecuona, 1996).

Estos hongos parasitan artrópodos provocándoles la muerte y de esta manera disminuyen las poblaciones de las plagas y reducen sus perjuicios (Roberts et al., 1991). *M. anisopliae* ha sido descrito parasitando más de 200 especies de insectos,

exhibiendo diferentes grados de especificidad, la cual está influenciada por las características del patógeno y de la cutícula del hospedante (Hall y Papierok, 1982).

1.2. Planteamiento y formulación del problema

1.2.1. Planteamiento del problema

El chinche del arroz como se le conoce a *Oebalus insularis*, se alimenta de granos recién formados (estado lechoso), succionando el contenido interno y provocando granos vanos e inyectando toxinas, lo cual afecta la apariencia del grano y provocando vaneamiento.

1.2.2. Formulación del problema

¿Cuál es la dosis del hongo necesaria para controlar el chinche en el arroz?

1.3. Justificación de la investigación

El control biológico en el cultivo de arroz es una estrategia sostenible que ofrece una serie de beneficios, que van desde la conservación del medio ambiente y la reducción de costos hasta la mejora de la calidad del cultivo y la salud humana. Esto lo convierte en una opción valiosa para los agricultores que buscan producir arroz de manera más segura y sostenible (IAEA, 1998).

El control biológico reduce la dependencia de los químicos agrícolas, lo que disminuye la contaminación del suelo y del agua, así como los riesgos para la salud humana y la biodiversidad. Esto contribuye a la conservación de los ecosistemas acuáticos y terrestres circundantes.

En muchos casos, el uso de agentes de control biológico puede ser más rentable a largo plazo que los pesticidas químicos. Aunque la inversión inicial puede ser mayor, la liberación de *Metarhizium* en el cultivo puede resultar en un menor gasto en productos químicos y en una disminución de la resistencia de las plagas.

Utilizar controladores biológicos ayuda a mantener poblaciones saludables de

enemigos naturales, como depredadores y parasitoides, que pueden controlar las plagas de manera más eficiente que los productos químicos. Esto promueve un equilibrio ecológico en el agroecosistema del arroz.

1.4. Objetivo general

Determinar la dosis de *Metarhizium* mediante aplicación a nivel foliar controlando la población del chinche de la espiga *Oebalus insularis* en el cantón Colimes durante la etapa reproductiva y maduración del arroz.

1.5. Objetivos específicos

- Aplicar diferentes dosis de *Metarhizium anisopliae*.
- Evaluar la dosis óptima de *Metarhizium anisopliae* para el chinche de la espiga en el cultivo de arroz.
- Analizar la productividad del arroz después de la aplicación.

2. Marco teórico

2.1. Estado del arte

En los últimos años el uso actual de hongos, principalmente *Metarhizium anisopliae* y *Beauveria bassiana*, está aumentando alcanzando escala comercial en países como Brasil, China y México entre otros. Al mismo tiempo, se han producido avances importantes en la comprensión de los aspectos moleculares de la patogénesis y en el desarrollo de herramientas para validar supuestos factores de virulencia mediante la construcción de cepas con sobreexpresión (Schrank & Vainstein, 2018).

Estudios realizados por Centro de Investigación en Ingeniería Genética en China se investigó los efectos del hongo *M. anisopliae* en dos importantes plagas del arroz, *Nilaparvata lugens* y *Sogatella furcifera*, tanto en condiciones de laboratorio como de campo. En las pruebas de campo, *M. anisopliae* suprimió eficazmente las poblaciones de saltamontes del arroz y se observó una alta eficiencia de control con la aplicación combinada de *M. anisopliae* y tiametoxam. En conjunto, nuestros resultados sugieren que el hongo *M. anisopliae* es un buen agente de biocontrol para *N. lugens* y *S. furcifera* y que el uso combinado de *M. anisopliae* con insecticidas es una estrategia alternativa para el control de plagas. (Jifeng Tang, 2019).

Según Guoxiong Peng (2021) las aplicaciones de control de plagas del arroz en todas las principales provincias productoras de arroz de China, que cubren más de 6000 hectáreas, realizadas durante un período de 8 años (2011-2018), mostraron rendimientos iguales en la cosecha de arroz entre el uso del patógeno fúngico y el de pesticidas químicos. Más importante aún, el uso del patógeno fúngico específico aislado mediante esta estrategia resultó en un

aumento de insectos y otros animales beneficiosos.

Se realizó un estudio en Egipto para comparar y evaluar los efectos inducidos por la aspersión de los hongos *Beauveria bassiana* y *Metarhizium anisopliae* por separado, sobre la movilidad y viabilidad de adultos semialimentados de *A. persicus*, además de seguir el efecto histopatológico inducido por una concentración seleccionada de 10^{10} conidios/ml de *B. bassiana* en el tegumento. El estudio reveló que la pulverización de *Beauveria* 10¹² conidios/ml es suficiente para controlar *A. persicus* ya que registró una eficacia del 100%, por lo que podría seleccionarse como la dosis eficaz (Aleya Marzouk, 2023).

En México en cultivos como el banano se confirma la eficacia de los hongos entomopatógenos. Tanto *Cordyceps bassiana* como *Metarhizium anisopliae* son buenos candidatos para desarrollar productos formulados para usar en el manejo integrado de plagas de *Cosmopolite sordidus* en plantaciones de banano orgánico mexicano (Negrete González, 2018).

En el Tropicó mexicano se evaluó el efecto de *Metarhizium anisopliae* para el control de *Rhipicephalus microplus* en condiciones de laboratorio y de campo (larvas sobre vegetación). En el estudio de laboratorio se evaluaron cepas de *M. anisopliae* para su control de los estadios adulto y larvario de *R. microplus*, mediante la prueba de inmersión de adultos y larvas respectivamente. Se determinó el índice de eficiencia reproductiva de hembras congestionadas en los grupos tratado y control. En conclusión, estas cepas fueron eficientes para controlar estadios larvarios en la vegetación (M.M. Ojeda-Chi, 2019).

En Colombia se realizó experimentos para controlar el vaneamiento de la espiga de arroz usando un control biológico para *Rupella albinela* comúnmente

conocida como la novia del arroz, aumentando la producción y rentabilidad del producto según investigación realizada por Diaz & Quintero (2019).

Según Rosero Guerrero (2021) se evaluó la eficacia de *M. anisopliae* para controlar adultos de *Haplaxius crudus* en condiciones de laboratorio y campo. Se seleccionó la cepa CPMa1309 porque causó mortalidades en adultos de *Haplaxius crudus* superiores al 90% a una dosis de 1×10^{12} conidios/ha, así como por su capacidad de crecer rápidamente y producir grandes cantidades de conidios en un medio artificial ($4,95 \times 10^7$ conidios/ml). Estos resultados muestran la posibilidad de incorporar el hongo *M. anisopliae* CPMa1309 en un programa de manejo integrado para el control biológico de *H. crudus* pero es importante validar su efectividad bajo diferentes condiciones agroecológicas, donde crece la palma aceitera en Colombia.

Estudios realizados por LISSER (2022) en Panamá donde se evaluó la eficacia biológica del producto Nema-Kell (*Pochonia chlamydosporia*) sobre el control de nematodos fitoparásitos y su efecto sobre características agronómicas del cultivo de arroz. En la cual se obtuvo una reducción significativa en el número de nematodos fitoparásitos en campo con el producto Nema-Kell SC a una dosis de 1 lt/ha, pero contrastando con el tratamiento químico Oxate 24 SL (Oxamil) este supera a la formulación biológica.

Acosta & Rodriguez (2022) evalúan el hongo *B. bassiana* como biocontrolador de plagas en el cultivo de arroz (*Oryza sativa* L.). En el diagnóstico de la aplicación se contabilizó que la especie novia del arroz (*Rupella albinella*) fue la más abundante con una media de 17,15 individuos; además, se determinó que la dosis de mayor eficacia fue (35 ml/ 64 m²) con una media de 4,24 individuos; y se comprobó que este tratamiento obtuvo un mayor rendimiento con

una media de 13.465 kg ha⁻¹.

En Ecuador provincia de Carchi se realizaron aplicaciones de *Beauveria bassiana*, *Metarhizium anisopliae* y *Paecilomyces fumosoroseus*, en comparación con el manejo convencional con aplicaciones de insecticidas en papa. Los resultados que muestran es que la población de *B. cockerelli* incrementa desde prefloración, sin embargo, la población de adultos se redujo en un 30% con aplicaciones de *P. fumosoroseus* en comparación con el manejo convencional. Por otro lado, *M. anisopliae* y *B. bassiana* más del 70% de sintomatología (Vallejos, 2023).

2.2. Bases teóricas

2.2.1. Control biológico

El control biológico de plagas consiste en el uso de enemigos naturales y microorganismos para el control de sus poblaciones. Se trata de una técnica milenaria que utilizaron culturas como la china (Molina, 2022).

2.2.2. Arroz

2.2.2.1. Origen y distribución

El cultivo del arroz tiene sus orígenes hace aproximadamente 10.000 años en regiones húmedas de Asia tropical y subtropical. Aunque la India podría ser el lugar donde se cultivó por primera vez debido a la presencia de arroces silvestres, el desarrollo significativo tuvo lugar en China, desde las tierras bajas hasta las tierras altas. Es probable que haya habido diversas rutas a través de las cuales se introdujeron los arroces asiáticos en otras partes del mundo (Pineda, 2007).

Según Pineda (2007) sugiere que el arroz tiene su origen en África Tropical y fue llevado a Asia, donde se adaptó tan bien que ahora se considera a India e Indochina como posibles centros de origen. Se plantea la posibilidad de que

algunos tipos de arroz sean originarios de Asia, mientras que otros podrían tener su origen en América, como en Brasil, donde existen varias especies silvestres que los indígenas solían consumir al golpear las panojas para que los granos cayeran en las canoas mientras recorrían los pantanos.

2.2.2.2. Taxonomía

La clasificación taxonómica del arroz es la siguiente (Marino, 2019).

Nombre Científico: *Oryza Sativa* L

Reino: Plantae-Plantas

División: Magno Liophyta

Clase: Monocotyledoneae

Orden: Cyperales

Familia: Poaceae o Gramineae

Tribu: Oryzae

Subreino: Tracheobionta o plantas vasculares

Género: Oriza L. Arroz

Especie: Sativa

Subfamilia: Ehrhartoideae o Panicoides

2.2.2.3. Morfología

La morfología del arroz se compone de raíz, tallo, hoja y panícula. La germinación de semilla es estudiada en dos etapas; la fase vegetativa (incluye los estadios de germinación, plántula, e inicio y pleno macollamiento) y la fase reproductiva (iniciación del primordio floral a emergencia de la panoja y emergencia de la panoja a madurez) (Marino, 2019). En climas templados y subtropicales, el arroz cultivado se considera una planta anual, semiacuática, aunque en condiciones tropicales puede sobrevivir como planta perenne, al

rebrotar luego de realizada la cosecha, lo cual podría generar una segunda cosecha o forraje para el pastoreo de animales (Mora Vargas, 2010).

2.2.3. Fases fenológicas

2.2.3.1. Fase Vegetativa

El cultivo de arroz al igual que producen semilla, posee tres fases de desarrollo, entre las que destaca el período de crecimiento definidas en cuanto a la diferenciación de la planta y los días de duración de estas tres fases. (Jiménez, 2021)

La fase vegetativa por lo general dura de 55 a 60 días en las variedades de período intermedio, comprende desde la germinación de la semilla, emergencia, macollamiento (ahijamiento), hasta la diferenciación del primordio floral (Jiménez, 2021).

2.2.3.2. Fase reproductiva

La fase reproductiva empieza cuando termina la etapa de macollos, y emerge la hoja bandera, el engrosamiento del tallo por el crecimiento interno de la panoja, la emergencia de la panoja, esta etapa inicia entre 20 - 25 días luego posteriormente a la diferenciación del primordio floral, y la floración (Bonilla & Cubillos, 2023).

2.2.3.3. Fase de maduración

La fase de madurez comprende desde la emergencia de la panícula (floración), el llenado, desarrollo del grano y concluye en la cosecha el cual tiene un tiempo duración de 30 a 40 días (Bonilla & Cubillos, 2023).

2.2.3.4. Cosecha

La cosecha de arroz se la realiza cuando el cultivo ha llegado a la madurez fisiológica y ha completado el llenado de grano de arroz (Seguiel Aguilar et al.,

2020)

2.2.4. *O. insulares*

2.2.4.1. Taxonomía de *O. insulares*

Reino: Animalia

Phylum: Arthropoda

Subphylum: Hexapoda

Clase: Insecta

Orden: Hemiptera

Familia: Pentatomidae

Género: *Oebalus*

Especie: *Oebalus insularis*

Nombre común: Chinche hediondo del arroz

2.2.4.2. Biología y habito de *O. insularis*

El chinche del arroz, por lo general en horas tempranas de la mañana es cuando más activos se encuentran, pudiendo observarse en las hojas, flores o granos de las plantas, cuando el calor del día aumenta, estos disminuyen en cantidad, por lo que descienden a las partes menos calientes, llegando hasta la base de las plantas, posteriormente, en la noche las hembras se ubican en diferentes partes del cultivo, siendo este el lugar para la oviposición. Cuando las temperaturas promedio oscilan entre 26 y 28 °C, y la humedad relativa entre 75 y 85% con intensas precipitaciones, es cuando aumenta el volumen poblacional de la plaga; en épocas de seca la densidad poblacional disminuye (Ruíz *et al.*, 2013).

2.2.4.3. Huevo

La hembra de *O. insularis* realiza sus oviposiciones sobre las hojas y raquis de las panículas de las plantas de arroz y de las hospederas, esta puesta es en

dos líneas paralelas ubicadas en el haz y envés de las hojas, con un promedio de 16.5 huevos en cada puesta; el promedio de fertilidad es de 89%. El total de huevos ovipositados por una hembra oscila entre 127 a 288, con un promedio de 167.3; presentan una forma de barril, midiendo en promedio 1 mm de alto por 0.7 mm de diámetro. Su coloración es rojo oscuro al acercarse la eclosión y de color verde cuando están recién eclosionados, en promedio demoran entre 4 a 8 días en eclosionar (King y Saunders, 1984).

2.2.4.4. Ninfas

Las ninfas de *O. insularis*, tienen cinco instares, en la primera fase presentan coloración negra con rojo y es de hábito gregario, en los demás instares su coloración cambia a más claras y redondas, llegando a dispersarse en el campo; al eclosionar de los huevos, las ninfas miden alrededor de 1.5 cm, con ojos, antenas, postclypeus, tórax y placas dorsales de color rojo, manteniendo el resto del cuerpo de color blanco hasta una hora después que se torna color marrón oscuro, con excepción del área abdominal que se mantiene blanca. 11 En el segundo y tercer estadio, el tórax y las placas dorsales del abdomen cambian a una coloración verdes hasta alcanzar su estado adulto, por lo que se mimetizan entre las hojas y panículas; en el cuarto y quinto estadio tienen lugar las placas genitales, momento en el que es posible identificar ambos sexos (Rodríguez *et al.*, 2006).

2.2.4.5. Adulto

El tamaño del adulto es de aproximadamente de 8 a 10 mm de largo y de 5 a 6 mm de ancho, su coloración es completamente verde y permanece inmóvil junto a su última exuvia, una hora más tarde cambia a una coloración marrón con una gran mancha amarilla irregular en formato de “U”, la misma que bordea la parte

interna del escutelo y con la abertura de la "U" en dirección hacia la parte anterior del insecto. El adulto es completamente verde y permanece inmóvil próximo a su última exuvia, una hora después adquiere la coloración típica marrón con una gran mancha amarilla irregular en forma de "U" bordeando la parte interna del escutelo y con la abertura de la "U" hacia la parte anterior del insecto, con tres puntos amarillos alineados; el punto de mayor tamaño se ubica en el ápice del escutelo. Los ojos son de color marrón oscuro, con una antena filiforme de cinco segmentos y rostro de cuatro segmentos. En el caso de la hembra adulta, su coloración es más brillante, con un área ventral verde muy pálido, con un abdomen abultado (Rodríguez *et al.*, 2006).

2.2.5. *Metarhizium anisopliae*

2.2.5.1. Ciclo de vida

En general los hongos entomopatógenos desarrollan las siguientes fases sobre su hospedante: germinación, formación de apresorios, formación de estructuras de penetración, colonización y reproducción. El proceso se inicia cuando la espora o conidio se adhiere a la cutícula del insecto, luego desarrolla un tubo germinativo y un apresorio, con éste se fija en la cutícula y con el tubo germinativo o haustorio (hifa de penetración) se da la penetración al interior del cuerpo del insecto. La germinación ocurre aproximadamente a las 12 horas post-inoculación y la formación de apresorios se presenta de 12 a 18 horas post-inoculación (Vicentini y Magalhaes, 1996). En la penetración participa un mecanismo físico y uno químico, el primero consiste en la presión ejercida por la estructura de penetración, la cual rompe las áreas esclerosadas y membranosas de la cutícula. El mecanismo químico consiste en la acción enzimática, principalmente proteasas, lipasas y quitinasas, las cuales causan descomposición

del tejido en la zona de penetración, lo que facilita el ingreso del hongo. Después de la penetración, la hifa se ensancha y ramifica dentro del tejido del insecto, colonizando completamente la cavidad del cuerpo del insecto, esto sucede en 3 o 4 días después de la inoculación. A partir de la colonización se forman pequeñas colonias y estructuras del hongo, lo que corresponde a la fase final de la enfermedad del insecto, ocurre 4 ó 5 días después de la inoculación (Hajek y Leger, 1994). Otra forma mediante la cual el hongo puede causar la muerte del insecto, es mediante la producción de toxinas. Los hongos entomopatógenos tienen la capacidad de sintetizar toxinas que son utilizadas en el ciclo de la relación patógeno-hospedante. Entre estas toxinas se han encontrado destruxinas, demetildextruxina y protodextruxina, las cuales son sustancias de baja toxicidad, pero de mucha actividad tóxica sobre insectos, ácaros y nematodos (Sandino, 2003).

Las destruxinas afectan varios organelos tales como mitocondria, retículo endoplásmico y membrana nuclear, paralizando las células y causando disfunción del intestino, túbulos de Malpighi, hemocitos y tejido muscular. La esporulación ocurre en 2 a 3 días, dependiendo de las condiciones de temperatura y humedad relativa del ambiente. La infección por el entomopatógeno puede ser afectada principalmente por la baja humedad relativa y por la falta de habilidad para utilizar los nutrientes disponibles sobre la superficie de la cutícula ó por la falta de factores necesarios para el reconocimiento de un hospedero susceptible o sitio de infección penetrable. El reconocimiento de un hospedero susceptible involucra signos químicos y topográficos. También puede fracasar la invasión del hongo por la presencia de compuestos inhibitorios tales como fenoles, quinonas y lípidos en la superficie de la cutícula (Hajek y Leger, 1994).

Los síntomas que causan los entomopatógenos son variables: las ninfas disminuyen sus movimientos, disminuyen la producción de espuma y pueden abandonar los lugares de ataque. Los adultos infectados presentan movimientos lentos, no se alimentan, reducen su radio de vuelo y las 19 hembras no ovipositan. Pueden morir en lugares distantes de donde fueron contaminados. El ciclo total de la enfermedad es de 8 a 10 días. Después de la muerte, los individuos presentan un crecimiento micelial blanco seguido por la típica esporulación verde. En algunas ocasiones no se presenta la esporulación sobre el tegumento, solamente se ve la presencia de micelio y se debe a condiciones inadecuadas de humedad durante el proceso de esporulación (Lecuona, 1996).

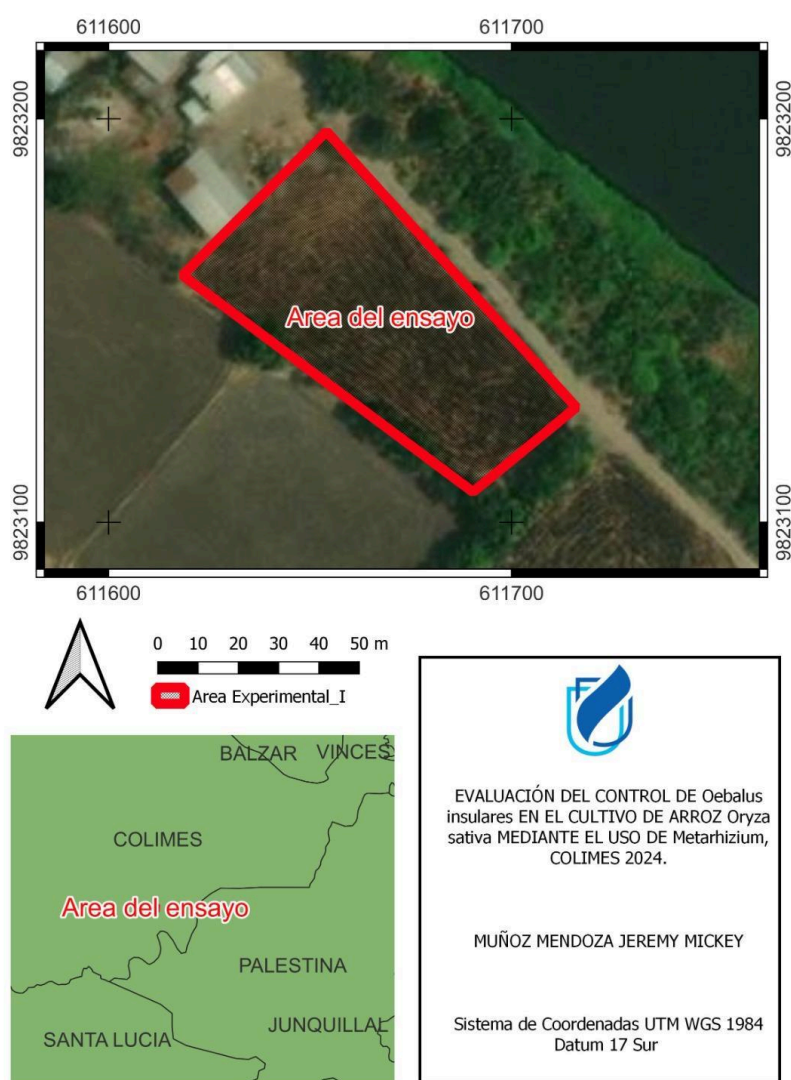
3. Materiales y métodos

3.1. Delimitación de la investigación

Este trabajo se realizará en un área aproximada de 200 m² de la cuales están dividido en bloques de 5x5 m en las cuales tendrá 125 m².

3.2. Espacio: Lugar donde se ejecutará el desarrollo del trabajo de titulación.

La ubicación de este ensayo experimental se realizará en el Cantón



colimes, en el Recinto "La virtud" con las siguientes coordenadas:

Imagen 1 Ubicación del ensayo

Fuente: Google Earth

3.3. Tiempo

Esta investigación se realizará durante el periodo de cuatro meses del 2024, durante se procederá a realizar el trabajo de investigación de campo y el proceso de tabulación.

3.4. Población

Los resultados obtenidos de esta investigación se beneficiarán aproximadamente 26.129 habitantes (gobierno del guayas, 2020), en lo que están incluidos productores, consumidores e industriales que están beneficiados directo e indirectamente relacionado con el cultivo de arroz.

3.5. Enfoque de la investigación

3.5.1. Tipo de investigación

Esta investigación es de tipo cuantitativa con enfoque de investigación de campo y experimental, con un nivel de conocimiento exploratorio, descriptivo, explicativo o correlacional.

3.5.2. Diseño de investigación

El diseño propuesto para esta investigación es de Bloques Completamente al Azar (DBCA), del que se evaluarán cinco tratamientos, con la finalidad de determinar el mejor distanciamiento de siembra mediante una prueba denominada Test de Tukey al 5% de probabilidad.

3.6. Metodología

3.6.1. Variables

3.6.1.1. Variable independiente lo que puedo hacer

La variable es la dosis eficaz de *Metharizium onosiplae* para controlar *Oebalus insulares*.

3.6.1.2. Variable dependiente no puedo controlar

La Variable seleccionada es el rendimiento de cultivo.

3.6.2. Hipótesis

Existirá un incremento en el rendimiento del cultivo de arroz mediante el uso de *Metharizium* en el cultivo de arroz en el cantón Colimes.

3.6.3. Diseño experimental

Tabla 1
Tratamiento de estudio

| N° | Dosis eficaz de <i>Metharizium onosiplae</i> (GR) |
|----|---|
| 1 | 200 GR |
| 2 | 400 GR |
| 3 | 600 GR |
| 4 | ---- |

Muñoz, 2023

Para realizar este estudio se utilizará un diseño completamente al azar (DCA), que consta de cinco tratamientos como lo indica la tabla 1, cada uno constará con cuatro repeticiones, lo cual dará un total de 20 unidades experimentales.

El tamaño de la unidad experimental será en los tratamientos T1, T2, T3, T4. El área útil será de con una distancia de por cada repetición.

Tabla 2
Delimitación de experimento

| | |
|-------------------------|------------|
| Componentes | Unidad |
| Diseño experimental | DCBA |
| Tipo de siembra | Trasplante |
| Números de tratamientos | 3 |

| | |
|-----------------------------------|------------------|
| Número de repeticiones | 4 |
| Número total de parcelas | 20 |
| Distancia entre plantas y hileras | 1,5 |
| Longitud de parcela | 1,5 |
| Ancho de la parcela | 1.50m |
| Área de la parcela | 45m ² |
| Longitud de todo el experimento | 7 |
| Ancho de todo el experimental | 9 |
| Separación entre repeticiones | 1m |
| Área de los bloques | 2.25 |
| Área total de los ensayos | 63m ² |

Muñoz, 2023

3.3.4 Recursos

Materiales de campo:

Variedad SFL 011

Fertilizantes

Estacas

Letreros

Piola y cinta

Libreta de campo

Cinta métrica

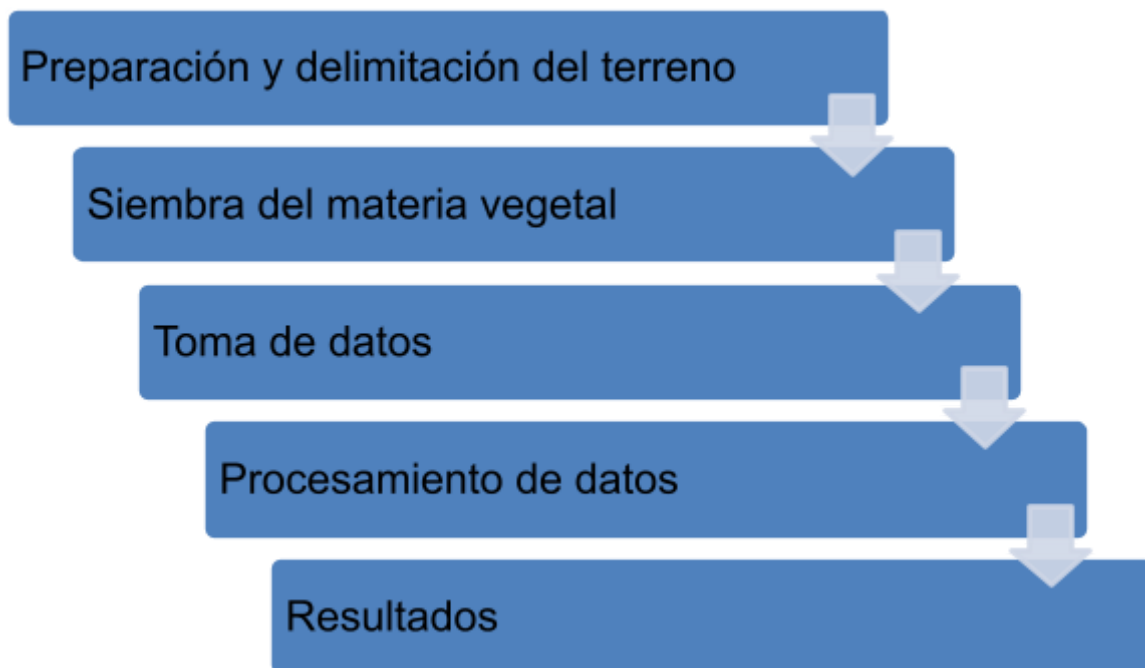
Sistema de riego

3.6.4. Métodos y técnicas

El método propuesto para este trabajo de investigación experimental descriptivo e inferencial de campo en el cual se implementará un ensayo de campo el cual consistirá en estimar la dosis eficaz de *Metharizium* para el control

del chinche de la espiga en del cultivo de arroz, la técnica a utilizar es un experimento de campo, ya que se obtendrán de forma al azar, la información de las variables correspondientes a la morfología del cultivo, rendimientos de cada una de la variables descritas para tabular, y procesar mediante las aplicaciones correspondientes. Para el análisis de datos se utilizará una prueba T-Student con un nivel de confianza del 95%. Los resultados de la presente investigación se presentarán en gráficos y cajas de bigotes e histogramas de frecuencia.

3.6.4.1. Diagrama de flujo de las actividades experimentales a realizar durante su trabajo de titulación



3.6.5. Análisis estadístico

En esta investigación usaremos el análisis estadístico inferencial y descriptivo.

Tabla 3.
Esquema de análisis de varianza

| Fuentes de variación | GL |
|----------------------|-----------|
| Tratamiento (T-1) | 4 |
| Repeticiones (T-1) | 3 |
| Error experimental | 12 |
| Total | 19 |

Muñoz, 2023

3.6.6. Cronograma de actividades

| ACTIVIDADES | mes | | | | mes | | | | mes | | | | mes | | | |
|---|--------|---|---|---|--------|---|---|---|--------|---|---|---|--------|---|---|---|
| | semana | | | | semana | | | | semana | | | | semana | | | |
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 1 | 2 | 3 | 4 | 1 | 2 | 3 | 4 | 1 | 2 | 3 | 4 |
| Objetivo general: Determinar la dosis de <i>Metarhizium</i> mediante aplicación a nivel foliar controlando la población del chinche de la espiga <i>Oebalus insularis</i> en el cantón Colimes durante la etapa reproductiva y maduración del arroz. | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Aplicar diferentes dosis de <i>Metarhizium anisopliae</i>. Delimitación del terreno Siembra Toma de datos | ■ | | | | | | | | ■ | | | | | | | |
| Evaluar la dosis óptima de <i>Metarhizium anisopliae</i> para el chinche de la espiga en el cultivo de arroz. Toma de datos Procesamiento de datos Análisis de datos | | | | | | | | | ■ | | | | ■ | | | |
| Analizar la productividad del arroz después de la aplicación. Toma de datos Procesamiento de datos Análisis de datos Redacción de resultados | | | | | | | | | ■ | | | | ■ | | | |

4. Resultados

4.1. Aplicar diferentes dosis de *Metarhizium anisopliae*

En la tabla 4 se muestra el resultado de las plantas de arroz afectadas por la chinche (*Oebalus* sp.) de la espiga.

Tabla 4
Estadística descriptiva de plantas de arroz afectadas después de aplicación.

| Replicas | Plantas afectadas después de aplicación | | | | | | | | | | | |
|------------------------|---|-------|-------|-------|-------|-------|-------|------|-------|---------|-------|-------|
| | Tratamientos | | | | | | | | | | | |
| | 200 g | | | 400 g | | | 600 g | | | Testigo | | |
| | Días de evaluación | | | | | | | | | | | |
| | 5 | 10 | 15 | 5 | 10 | 15 | 5 | 10 | 15 | 5 | 10 | 15 |
| Total | 97,0 | 210,0 | 268,0 | 71,0 | 158,0 | 183,0 | 66,0 | 90,0 | 112,0 | 70,0 | 216,0 | 355,0 |
| Media | 18,4 | 40,0 | 50,6 | 13,2 | 29,6 | 33,6 | 12,2 | 16,0 | 19,4 | 13,0 | 41,2 | 68,0 |
| Moda | -- | --- | -- | -- | -- | --- | --- | --- | 21,0 | -- | --- | --- |
| Mediana | 16,0 | 38,0 | 51,0 | 13,0 | 28,0 | 32,0 | 12,0 | 17,0 | 21,0 | 12,0 | 42,0 | 68,0 |
| Desviación estándar | 5,03 | 5,15 | 7,50 | 3,83 | 5,32 | 4,72 | 4,21 | 3,39 | 3,21 | 3,81 | 7,86 | 9,08 |
| Varianza de la muestra | 20,2 | 21,2 | 45,04 | 11,76 | 22,64 | 17,84 | 14,2 | 9,2 | 8,24 | 11,66 | 49,36 | 66 |

Muñoz, 2024.

En la tabla 4 se evidencian los resultados de la aplicación del entomopatógeno *Metarhizium anisopliae*, la dosis de 200 g y el testigo fueron los que presentaron la mayor cantidad de plantas afectadas a diferencia de la dosis de 600 g que presentó la menor cantidad de panículas con daños de la chinche.

4.2. Evaluar la dosis óptima de *Metarhizium anisopliae* para el control de chinche de la espiga en el cultivo de arroz

En la tabla 5 se muestra el análisis de variancia del número planta afectadas por la chinche.

Tabla 5
Análisis de la varianza de plantas afectadas por la chinche de la espiga.

| F.V. | SC | gl | CM | F | p-valor |
|---------------------|-----------------|-----------|---------|--------|---------|
| Modelo | 17299,40 | 15 | 1153,29 | 37,12 | <0,0001 |
| Tratamientos | 5624,67 | 3 | 1874,89 | 60,35 | <0,0001 |
| fechas | 8369,20 | 2 | 4184,60 | 134,69 | <0,0001 |
| Repeticiones | 119,40 | 4 | 29,85 | 0,96 | 0,4385 |
| Tratamientos*fechas | 3186,13 | 6 | 531,02 | 17,09 | <0,0001 |
| Error | 1367,00 | 44 | 31,07 | | |
| Total | 18666,40 | 59 | | | |

Muñoz, 2024.

Los resultados nos indican que, los tratamientos y las fechas de evaluación tienen efectos significativos en la variable de respuesta, y existe una interacción significativa entre ellos.

Por consiguiente, en la tabla 6 se detalla la prueba a posteriori de Tukey al 5% de plantas afectadas por la chinche de la espiga del arroz.

Tabla 6

Prueba de Tukey de las plantas afectadas por la chinche

Tratamientos Medias

| | |
|----------------|----------------|
| 600 g | 15,87 c |
| 400 g | 25,47 b |
| 200 g | 36,33 a |
| <u>Testigo</u> | <u>40,73 a</u> |

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$).
Muñoz. 2024.

En esta tabla 6 Se muestra que el tratamiento con dosis de 600 g de *Metarhizium anisopliae* presentó la menor cantidad de plantas afectadas a diferencia del testigo.

4.3. Analizar la productividad del arroz después de la aplicación.

En la tabla 7 se evidencia y muestra el efecto del uso de *Metarhizium*

anisopliae en la producción de arroz.

Tabla 7
Rendimiento del cultivo de arroz según los tratamientos

Rendimiento en la producción de arroz (kg).

| Replicas | Tratamientos | | | |
|------------------------|--------------|--------|--------|---------|
| | 200 g | 400 g | 600 g | Testigo |
| 1 | 920,0 | 960,0 | 1400,0 | 800,0 |
| 2 | 1480,0 | 1240,0 | 800,0 | 840,0 |
| 3 | 800,0 | 1000,0 | 1200,0 | 960,0 |
| 4 | 1160,0 | 1080,0 | 1440,0 | 640,0 |
| 5 | 840,0 | 1120,0 | 1520,0 | 12800,0 |
| Total | 5200,0 | 5400,0 | 6360,0 | 4050,0 |
| Promedio | 1040,0 | 1080,0 | 1272,0 | 904,00 |
| Moda | -- | --- | --- | --- |
| Mediana | 920,0 | 1080,0 | 1400,0 | 840,0 |
| Desviación estándar | 282,843 | 109,54 | 289 | 239,33 |
| Varianza de la muestra | 64000 | 9600 | 66816 | 4582 |

Muñoz, 2024.

En la tabla 7 se muestra como el tratamiento con dosis de 600 g de *M. anisopliae* obtuvo la mayor producción de arroz seguido por las dosis inferiores y con menor cantidad de kg fue el testigo.

En la tabla 8. Se presenta el Anova sobre la producción de arroz según los tratamientos en base del hongo entomopatógeno *M. anisopliae*.

Tabla 8
Análisis de varianza de la producción de arroz.

| F.V. | SC | gl | CM | F | p-valor |
|-------------|------------|----|-----------|------|---------|
| Modelo | 441360,00 | 7 | 63051,43 | 0,90 | 0,5337 |
| Tratamiento | 346480,00 | 3 | 115493,33 | 1,66 | 0,2287 |
| Repetición | 94880,00 | 4 | 23720,00 | 0,34 | 0,8456 |
| Error | 836320,00 | 12 | 69693,33 | | |
| Total | 1277680,00 | 19 | | | |

Muñoz, 2024.

En la tabla 5. Se evidencia que según el análisis de ANOVA no hay diferencias estadísticas entre tratamientos.

En la tabla 9 se manifiesta la prueba a posteriori de Tukey al 5% sobre el rendimiento del cultivo de arroz según las dosis de *M. anisopliae*.

Tabla 9

Prueba de Tukey de la producción de arroz según los tratamientos.

| <u>Tratamiento</u> | <u>Medias</u> |
|--------------------|---------------|
| Testigo | 904,00 a |
| 200 g | 1040,00 a |
| 400 g | 1080,00 a |
| 600 g | 1272,00 a |

*Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$).
Muñoz, 2024.*

En esta tabla se pone de manifiesto que las dosis de *M. anisopliae*, no tienen efecto significativo sobre la producción de arroz.

5. Discusión

En el número de plantas afectadas se observa que con el tiempo los tratamientos (a base del hongo entomopatógeno) y el testigo hay un incremento en las macollas afectadas por el chinche. La dosis de 200 g presenta la mayor cantidad de plantas afectadas (50 %), seguida por el testigo, lo que sugiere que esta dosis no tiene efecto sobre el insecto plaga. Por otro lado, la dosis de 600 g de *M. anisopliae* presentó el menor número total de plantas afectadas.

Existe un efecto conjunto significativo de los tratamientos y las fechas de evaluación sobre la cantidad de plantas afectadas. Esto indica que la cantidad de plantas afectadas varía dependiendo del tratamiento aplicado y de la fecha de evaluación.

Mediante el análisis de Anova se determinó que existe un efecto significativo de los diferentes tratamientos sobre la cantidad de plantas afectadas dando como resultado que el tratamiento con mayor dosis pudo proteger a la planta del daño de la chiche de la espiga lo cual se constató que en las diferentes fechas de evaluación sobre la cantidad de plantas afectadas para la dosis de 600 g de *Metarhizium* fue menor que los demás tratamientos.

La respuesta de los tratamientos aplicados para el manejo del chinche se determinó en base a la dosis y se obtuvo lo siguiente, las aspersiones de 600 g/ha de *M. anisopliae* mostraron el menor promedio de 15,87 plantas afectadas fue estadísticamente distinto al tratamiento de 400 g con 25,47 macollas afectadas. Por otro lado, el testigo y la dosis de 200 g fueron iguales entre sí.

Se evaluó el efecto de diferentes dosis de *Metarhizium anisopliae* (M.a.) en el control del chinche de la espiga (*Oebalus* spp.) en el cultivo de arroz. Se determinó que la aplicación de 600 g/ha de M.a. fue la dosis más efectiva, con un

promedio de 15,87 plantas afectadas, significativamente menor ($p < 0,05$) que las dosis de 400 g/ha (25,47 plantas afectadas) y 200 g/ha (32,13 plantas afectadas). Lo que revela que el tratamiento con 600 g es el más efectivo contra la chinche de la espiga, seguido por el de 400 g, mientras que el tratamiento de 200 g y el testigo no difieren significativamente, indicando la ineficacia del tratamiento de 200 g en comparación con la ausencia de tratamiento.

En la producción de arroz se evidenció que en el tratamiento con 600 g de *M. anisopliae* produjo el mayor rendimiento promedio de arroz (1272,0 kg/ha), seguido por la dosis de 400 g (1080,0 kg/ha), mientras que las aspersiones de 200 g/ha del hongo tuvo una producción de 1040,0 kg/ha y el testigo con el menor rendimiento (904,0 kg/ha).

La diferencia en el rendimiento entre el tratamiento con 600 g y el testigo fue de 416 kg/ha, lo que representa un aumento del 46 %. Esto indica que el tratamiento con 600 g tuvo un efecto positivo y significativo sobre el rendimiento del cultivo de arroz al controlar la chinche de la espiga del arroz.

La eficacia superior de la dosis de 600 g, se atribuye a una mayor concentración de esporas para infectar a las chinches, lo cual concuerda con Faria y Wraight (2007) quienes mencionan que, la efectividad de los hongos entomopatógenos como *M. anisopliae* está directamente relacionada con la densidad de esporas y la capacidad de estas para adherirse, germinar y penetrar el exoesqueleto del insecto huésped. La dosis de 200 g, aunque mostró alguna eficacia, no fue suficiente para proporcionar un control significativo en comparación con la dosis más alta. Esto podría deberse a que la cantidad de esporas en esta dosis no alcanzó un umbral crítico necesario para una infección masiva de las chinches, tal como se ha observado en estudios sobre la dinámica

poblacional de plagas y su control biológico (Jaronski, 2010).

El tratamiento con 400 g/ha, con menor eficiencia que la dosis de 600 g/ha, todavía mostró una reducción significativa en el número de plantas afectadas en comparación con testigo y la dosis de 200 g/ha, lo cual concuerda con Jaronski (2010) y Stenberg (2017) quienes enfatiza que una dosis adecuada es crucial para asegurar un control biológico eficaz, ya que subdosificaciones pueden resultar en una baja efectividad.

La dosis de 600 g/ha de *M. anisopliae* mostró una reducción significativa en la cantidad de plantas afectadas por *Oebalus* spp. en comparación con las dosis menores. Este resultado está relacionado investigaciones recientes que destacan la relación positiva entre la concentración de esporas y la eficacia en el control de plagas y, según Bava *et al.*, (2022) quienes mencionan que, una mayor concentración de esporas incrementa la probabilidad de infección y mortalidad de la plaga, optimizando el control biológico.

La dosis de 600 g/ha de *M. anisopliae* mostró una reducción significativa en la cantidad de plantas afectadas por *Oebalus* spp. y un aumento en el rendimiento del arroz en comparación con las dosis menores y el testigo. Este hallazgo está respaldado por investigaciones recientes que destacan la relación positiva entre la concentración de esporas y la eficacia en el control de plagas que, a una mayor concentración de esporas incrementa la probabilidad de infección y mortalidad de la plaga, optimizando el control biológico y mejorando el rendimiento del cultivo Bava *et al.*, 2022; Sharma *et al.*, 2020; Kidanu & Hagos, 2020; Faria 2007).

6. Conclusión

En base a los resultados se concluye que:

El estudio evaluó la eficacia de diferentes dosis de *Metarhizium anisopliae* en el control de la chinche (*Oebalus* sp.) en plantas de arroz, midiendo las plantas afectadas después de la aplicación.

El tratamiento con 600 g de *Metarhizium anisopliae* fue eficiente con un promedio de solo 19,4 plantas afectadas, significativamente menor en comparación con el testigo que tuvo 68,0 plantas afectadas. Los tratamientos con 200 g y 400 g también mostraron una reducción en el número de plantas afectadas en comparación con el testigo, pero fueron menos efectivos que la dosis de 600 g.

La dosis de 600 g no solo resultó en el menor número de plantas afectadas, sino que también mostró una menor variabilidad en los resultados, lo que sugiere una aplicación más consistente y eficaz del tratamiento. Por otro lado, la dosis de 200 g y el testigo presentaron las mayores cantidades de plantas afectadas, indicando una menor efectividad del tratamiento a esa dosis.

El estudio evaluó la dosis óptima de *Metarhizium anisopliae* para el control de la chinche de la espiga (*Oebalus* sp.) en el cultivo de arroz. Los análisis realizados muestran que tanto los tratamientos como las fechas de evaluación tienen un impacto significativo en la reducción del número de plantas afectadas por la plaga. Específicamente, la dosis de 600 g de *M. anisopliae* demostró ser la más eficiente, reduciendo significativamente el número de plantas afectadas en comparación con las dosis menores y el testigo.

La interacción significativa entre los tratamientos y tiempo, indica que la efectividad del tratamiento varía con el tiempo, lo que resalta la importancia de una aplicación adecuada y oportuna del entomopatógeno. La prueba de Tukey

confirmó que la dosis de 600 g no solo fue la más efectiva, sino que también mantuvo su eficacia durante el periodo de evaluación.

La dosis de 600 g de *M. anisopliae* es la más adecuada para controlar la chinche de la espiga en el cultivo de arroz. Este tratamiento optimiza la salud del cultivo al minimizar la infestación de plagas, lo que puede traducirse en un mejor rendimiento y calidad del arroz.

La dosis de 600 g de *M. anisopliae* mostró una tendencia a incrementar la producción de arroz, esta diferencia no fue estadísticamente significativa en comparación con las otras dosis y el tratamiento testigo, según el análisis de ANOVA y la prueba de Tukey. Esto sugiere que, en términos de productividad, las distintas dosis de *M. anisopliae* no tienen un efecto significativo en el rendimiento del cultivo de arroz.

7. Recomendaciones

En base a los resultados se recomienda:

Evaluar factores bióticos y abióticos que puedan influir en la productividad del arroz, como las condiciones del suelo, el manejo agronómico y las condiciones climáticas.

Realizar estudios adicionales con mayor número de réplicas y en diferentes condiciones ambientales para confirmar los resultados obtenidos.

Continuar con el monitoreo y evaluación del impacto de *Metarhizium anisopliae* en diferentes etapas del crecimiento del arroz para obtener una comprensión más completa de su efectividad.

Realizar otras investigaciones con la posible combinación de *M. anisopliae* con otros métodos de control biológico o químico para optimizar el manejo integrado de plagas y mejorar la productividad del arroz.

8. Referencias

Acosta, D., & Rodríguez, L. (2022). *Uso del hongo beauveria bassiana como biocontrolador*. Manabi: Universidad estatal de Manabi.

- Aleya Soliman Marzouk, A. A. (2023). Una comparación entre la efectividad de los hongos *Beauveria bassiana* y *Metarhizium anisopliae* para el control de *Argas persicus* con énfasis en los cambios histopatológicos en el tegumento. *Veterinary Parasitology*.
- Ángel-Ríos, M. P.-S. (2015). Toxicidad de extractos vegetales y hongos entomopatógenos en el gusano cogollero *Spodoptera frugiperda*. *Entomol*, 2:260-265.
- CIAT. (1989). *El manejo integrado de plagas del cultivo de*. Cali: Contenido científico: George Weber.
- Díaz, W. F., & Quintero, Y. L. (2019). *EFFECTOS DE LA APLICACIÓN DE LA ABAMECTINA (ABACMETIN), Y EL DIPEL*. Neiva .
- Espejo, M. (1973). *Cultivo de hongo entomofágo Metarhizium anisopliae (Metch)* Sor. y. Monterrey: ITESM.
- Gobierno del guayas . (2020). *prefectura ciudadana del guayas* . Obtenido de <https://guayas.gob.ec/cantones-2/colimes/#:~:text=Su%20cabecera%20cantonal%20es%20la,Cuenta%20aproximadamente%20con%2026.129%20habitantes>.
- Gonzales, y. G. (1983). *Insectos y ácaros plagas y su control en el cultivo de arroz en Colombia* : Fedearroz.
- González Franco, J. (1985). *Origen, taxonomía y anatomía de la planta de arroz (Oryza sativa L.)*. Cali: Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT).
- Guoxiong Peng, J. X. (2021). Evaluación de campo a largo plazo y aplicación a gran escala de una cepa de *Metarhizium anisopliae* para controlar las principales plagas del arroz. *Journal of pest science*
- Gutierrez, A. A. (1983). Evaluación de las afectaciones producidas por *Oeobalus*

insularis en el cultivo del arroz. Colombia: *Cienc. Tec. Agric.*

Hernández, M. L. (2019). Organismos entomopatógenos como control biológico en los sectores agropecuario y agroforestal. *Revista mexicana de ciencias forestales*, 10(56), 4-32p.

Hill, D. S. (1983). *Agricultural insect pest of the tropics and their control*. Second Editio, 264-265.

IAEA. (1998). *Organismo internacional de energía atómica* . Obtenido de <https://www.iaea.org/es/temas/control-biologico>

Jifeng Tang, X. L. (2019). Evaluation of *Metarhizium anisopliae* for rice planthopper control and its synergy with selected insecticides. *Crop Protection*, 132-138.

Lisser, L. E. (2022). *Evaluación del control de nematodos en el cultivo de arroz en Panamá* . PANAMA.

María, P. (2015). *alimento de millones* . Buenos Aires: Universidad Nacional del Centro de la Provincia de Buenos Aires.

Meneses, R. (2008). *Manejo integrado de los principales insectos y ácaros plagas del arroz*. Instituto de Investigaciones del arroz, . pp. 4-28.

MeneseS, R. G. (1982). Estudio de la biología de *Oebalus Insularis*. *Agrotecnia de Cuba.*, 153 - 160.

Molina, L. X. (2022). Control biológico de plagas en la agricultura mexicana. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 69-70 .

Negrete González, D. Á. (2018). Idoneidad de *Cordyceps bassiana* y *Metarhizium anisopliae* para el control biológico de *Cosmopolites sordidus* (Germar) (Coleoptera: Curculionidae) en una plantación de banano orgánico mexicano: ensayos de laboratorio y de campo. *J Plant Dis Prot* 125, 73–81.

- Odglen, g. e.m and warren, L. O. 1962. *The Rice Stink Bug Oebalus pugnax F. in Arkansas*. Agricultural Experiment Station. University of Arkansas. 23 pags.
- Ojeda-Chi, M. M., Rodríguez-Vivas, R. I., Galindo-Velasco, E. & Lezama-Gutierrez, R. (2019). *Laboratory and field evaluation of Metarhizium anisopliae (Deuteromycotina: Hyphomycetes) for the control of Rhipicephalus microplus (Acari: Ixodidae) in the Mexican tropics*,. Elsevier, 348-354.
- Oliver, b. f., Gifport, j. r. and Trahan, G. B. 1972. Evaluation of insecticidal sprays for controlling the Rice Stink Bug in the southern Louisiana. *J. Econ.. Entomol* 65(1): 268-270.
- Pantoja, a., Daza, e. y Duque, M. C. 1983. Efecto de *Oebalus ornatus* (Sailer) y *Oebalus insularis* stal. (Heteroptera: Pentomidae) sobre el arroz: una comparación entre especies. *Manejo Integrado de Plagas*. 26: 31-33
- Pantoja, A., & A. Fischer, F. C. (1997). *MIP en Arroz: Manejo integrado de plagas; Artrópodos, enfermedades y*. Cali: Centro Internacional de agricultura.
- Pantoja, A., Garcia, C. A., Mejia, O. L., Ramirez, L. M., Escalona, L. E. y Duque, M. C. 1998. Disminución del rendimiento y calidad del arroz de secano por *Oebalus ypsillo-griseus*. *Manejo Integrado de Plagas*. 47: 37-40.
- Rosero Guerrero, M. B. (2021). Eficacia de Eficacia de *Metarhizium anisopliae* para el control de adultos de *Haplaxius crudus* (Van Duzee) (Hemiptera: Cixiidae), vector de la marchitez letal de la *anisopliae* para el control de adultos de *Haplaxius crudus* (Van Duzee) (Hemiptera: Cixiidae). *Int J Trop Insect Sci* .
- Ruiz, J., Osorio, O., Hernández, H., Ochoa, F., Silva, V., Méndez, Z. 2021. Actividad acaricida de extractos de plantas contra el ácaro rojo de las palmeras *Raoiella indica* (Acari: Tenuipalpidae). *Rev. Soc. Entomol. Arg.*

80(1):33-39

- Salazar Blanco, J., & Badilla Fernández, F. (1997). *Evaluación de dos cepas de hongo. Costa rica : Manejo Integrado de Plagas.*
- Schrank, A., & Vainstein, M. H. (2018). *Metarhizium anisopliae* enzymes and toxins. *Toxicon.*
- Shannon, P. 1989. *Arroz. (En: Manejo Integrado de Plagas en la agricultura. Estado actual y futuro).* Escuela Agrícola Panamericana. El Zamorano. Honduras. Pags. 567-586
- Somoza, V., Hernández, V., Peña, Ch., Torres, G., Huerta, P., Ortega, M., Salazar, M. 2018. Interaction of *Beauveria bassiana* strain HPI-019/14 and *Bacillus thuringiensis* strain GP139 for the biological control of *Bemisia tabaci* in strawberry. *Bull. Insectology.* 71(2):201-209.
- Swanson, M. C. and Newsom, L. D. 1962. Effect of infestation by Rice Stink Bug, *Oebalus pugnax* on yield and quality in rice. *J. Econ Entomol.* 55(6): 877-879.
- Vargas, J.P. 1991. Manejo integrado de 1 cultivo de arroz en Colombia. *Revista Arroz Federación Nacional de Arroceros (FEDEARROZ).* Bogotá. Colombia. 40(370): 24-30.
- Vallejos, M. A. (2023). *Evaluación de hongos entomopatógenos en el control de Bactericera cockerelli (šulc) en papa (Solanum tuberosum l.), cantón bolivar, carchi*”. Carchi: Universidad tecnica del norte.
- Vicentini, S., & Magalhaes, B. (1996). *Infection of the grasshopper, Rhammatocerus schistocercoides. Brasil : Sociedade Entomologica do Brasil.*
- Vivas, CLE., Notz, A., Astudillo, D. 2010. Fluctuación poblacional del Chinche

- Vaneadora en parcelas de arroz, Calabozo, Estado Guárico, Venezuela. *Agronomía Tropical*, 60(3): 61-73.
- Way, M. O., Bowling, C. C. and Wallace R. G. (1987). *Initial and residual activity of insecticides for control of Rice Stink Bug Oebalus pugnax (Fabricius)*. The Texas Agricultural Experiment Station. TAES. 8 pags.
- Weber, G. (1989). *Desarrollo del Manejo Integrado de Plagas en el cultivo de arroz: Guía de estudio*. Centro Internacional de Agricultura Tropical (dAT). Cali, Colombia. 69 pags.
- Zachrisson, B. 1990. *Aspectos relevantes para la evaluación y muestreos de los principales insectos plagas en arroz*. Documento presentado en Curso Taller sobre Monitoreo, evaluación y registro de aspectos agronómicos y fitosanitarios en arroz para Panamá Ministerio de Desarrollo Agropecuario. p. 14.
- Zachrisson, B. A. 2002. *Registro del complejo de parasitoides oófagos del chinche del arroz (Oebalus insularis Stal) (Heteroptera: Pentatomidae), para la región oriental de Panamá*. En Resúmenes del Primer Congreso Latinoamericano y del Caribe de Control, Aseguramiento de la Calidad e Inocuidad de Vegetales Frescos y Procesados, 1. Panamá, PA. 31 p.
- Zachrisson B., P. P. (2014). Desempeño biológico y reproducción de. *Revista Protección Vegetal*, 77-81.
- Zachrisson, B. (2014). Incidencia natural de parasitoides de huevos de *Oebalus insularis*. *IDESIA*, 119-121.
- Zachrisson B., Polanco P., Martínez O. 2014. Desempeño biológico y reproducción de *Oebalus insularis* Stal (Hemiptera: Pentatomidae) en diferentes plantas hospedantes. *Revista Protección Vegetal*, 29(2): 77-81.

9. Anexos



Figura 1. Aplicación de hongo



Figura 2. Hongo entomopatogeno



Figura 3. Chinche de la espiga



Figura 4. Análisis espigas afectadas



Figura 5. Cosecha



Figura 6. Análisis de producción