UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAÑETE

FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS

ESCUELA PROFESIONAL DE AGRONOMÍA

"Aplicación de *Beauveria bassiana* y *Metarhizium anisopliae* para el control del picudo negro (*Cosmopolites sordidus*) en plantaciones de plátano del distrito de Mala"

TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO AGRÓNOMO

AUTOR:

Loza Quiroz Luis Anthony

ASESOR:

Dr. Taipe Cancho Mario Humberto

ORCID: https://orcid.org/0000-0003-3612-9730

San Vicente de Cañete, 2026, Perú

UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAÑETE

FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS

ESCUELA PROFESIONAL DE AGRONOMÍA

"Aplicación de *Beauveria bassiana* y *Metarhizium anisopliae* para el control del picudo negro (*Cosmopolites sordidus*) en plantaciones de plátano del distrito de Mala"

TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO AGRÓNOMO

PRESENTADA POR:

Loza Quiroz Luis Anthony

APROBADA POR:

REPÚBLICA DEL PERÚ Firma Digital
Firmado digitalmente por: GARCIA RUIZ Maria Luisa FIR 21822024 hard
Motivo: En señal de conformidad
Fecha: 23/10/2026 11:51:28-0500

……..

Mg. María Luisa García Ruíz

Presidente

FIRMA DIGITAL
Firmado digitalmente por: CORTEZ LAZARO RONALD ALEXIS FIR 42423670 hard
Motivo: Soy el autor del documento
Fecha: 13/11/2026 21:01:29-0500

……..

Mg. Ronald Alexis Cortez Lázaro

Secretario

FIRMA DIGITAL
Firmado digitalmente por: FLORES REYES Janett Margarita FAU 20491363402 hard
Motivo: Soy el autor del documento
Fecha: 13/11/2026 15:16:44-0500

……

Mg. Janett Margarita Flores Reyes

Vocal

FIRMA DIGITAL
Firmado digitalmente por: TAIPE CANCHO MARIO HUMBERTO FIR 31188466 hard
Motivo: En señal de conformidad
Fecha: 22/10/2026 08:13:06-0500

……

Dr. Mario Humberto Taipe Cancho

Asesor

CONSTANCIA DE SIMILITUD (TURNITIN)

UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAÑETE
Ley de Creación Nº 29488
Licenciada según Resolución del Consejo Directivo N° 116-2018-SUNEDU/CD
VICERRECTORADO DE INVESTIGACIÓN
UNIDAD DE INVESTIGACIÓN DE LA FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS
"Año de la Esperanza y el Fortalecimiento de la Democracia"

Código: F-M02.02-VRI-029 **Fecha de Aprobación:** 26/09/2025	**Versión:** 02

Código Nº 014-2026

CONSTANCIA DE VERIFICACIÓN DE SIMILITUD Y ORIGINALIDAD

Yo, Betsabé León Ttacca Directora (e) de la Unidad de Investigación de la Facultad de Ciencias Agrarias, declaro que se ha realizado la verificación de similitud mediante el programa informático correspondiente, respecto al siguiente trabajo académico:

Título:
"Aplicación de *Beauveria bassiana* y *Metarhizium anisopliae* para el control del picudo negro (*Cosmopolites sordidus*) en plantaciones de plátano del distrito de Mala"

Autor (es):

Luis Anthony Loza Quiroz

Para optar el grado académico y/o título profesional de:
Ingeniero Agrónomo

El proceso de verificación de similitud determinó un porcentaje de 19%, cuyo resultado se encuentra respaldado en el reporte automatizado que se adjunta. En atención a ello, y conforme a lo establecido en el Reglamento de Similitud y Originalidad de la Universidad Nacional de Cañete, se deja constancia que el trabajo académico presentado cumple con los principios de integridad científica, así como con las disposiciones normativas vigentes en materia de citación y referenciación.
Asimismo, se adjunta el recibo digital correspondiente, a fin de garantizar la trazabilidad del proceso.

ORIGINALIDAD	SIMILITUD
81%	19%

Cañete, 10 de septiembre del 2026

FIRMA DIGITAL
Firmado digitalmente por: LEON TTACCA Betsabe FAU 20491363402 hard
Motivo: Soy el autor del documento
Fecha: 10/09/2026 15:53:16-0500

Firma

Se adjunta:

- Resumen del reporte automatizado de similitud
- Recibo Digital

Toda copia de este documento, sea del entorno virtual o del documento original en físico es considerada "copia no controlada".

ACTA DE SUSTENTACIÓN

UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAÑETE

Código: F-M01.03.04-GT-003 Fecha de Aprobación: 23-03-2026	Versión: 05

FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS

ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO AGRÓNOMO

En el distrito de San Luis, provincia de Cañete, en el Auditorio del Pabellón Multiusos del Campus Universitario del Local Académico SL05, siendo las 10:00 horas del día martes 14 de octubre de 2026, se reunieron los miembros del Jurado Evaluador y el asesor, designados mediante DECRETO N.°066-2024-UI/FCA/UNDC.

Presidente : Mg. María Luisa García Ruiz
Secretario : Mg. Ronald Alexis Cortez Lázaro
Vocal : Mg. Janett Margarita Flores Reyes
Asesor : Dr. Mario Humberto Taipe Cancho

Para el acto de sustentación de la tesis titulada: "Aplicación de *Beauveria bassiana* y *Metarhizium anisopliae* para el control del picudo negro *(Cosmopolites sordidus)* en plantaciones de plátano del distrito de Mala"; presentado por la Bachiller (es) Luis Anthony Loza Quiroz ; para optar al Título Profesional de Ingeniero Agrónomo.

Después de concluido el acto de sustentación y luego de que el sustentante dio respuesta a las preguntas respectivas, el Jurado Evaluador calificó la sustentación o defensa de la investigación según los siguientes criterios, y promediando las notas del jurado se obtuvo:

Criterio	Desaprobado (menor de 14)	Regular (14 -15)	Bueno (16-17)	Muy bueno (18-19)	Excelente (20)	Puntaje
Claridad de la exposición			17			17
Dominio del tema				18		18
Capacidad de respuesta			17			17
Argumentación académica			17			17
Promedio						17

** Para el caso de sustentación de dos personas se debe incorporar dos cuadros, uno para cada uno.

Para obtener la nota final de todo el proceso de investigación, se procedió a calcular la nota final:

Nota del Informe (valor 50%)	Nota de Sustentación (valor 50%)	Nota Final
18	17	17

(*) Cálculo: (Nota Informe * 0.50) + (Nota de Defensa * 0.50) = Nota final
En el caso de existir dos sustentantes, se deberá incluir una columna adicional a la izquierda, consignando los nombres de cada uno, a fin de realizar la calificación de manera individual.

Toda copia de este documento, sea del entorno virtual o del documento original en físico es considerada "copia no controlada"

UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAÑETE

Código: F-M01.03.04-GT-003 Fecha de Aprobación: 23-03-2026	Versión: 05

Y, establece como calificación FINAL: ..17.. (..DIECISIETE..)

- Aprobado, con nota Regular ( ), Bueno (X), Muy Bueno ( ), Excelente ( )
- Desaprobado ( )

Por tanto, el graduado(s) se encuentra expedito(s) ( ), impedido(s) ( ) para realizar los trámites que corresponden a la obtención del Título Profesional de Ingeniero Agrónomo.

****Si fuera el caso, que de los dos sustentantes uno fuera aprobado y otro desaprobado, se tendrá que diferenciar quien queda expedito y quien impedido de seguir los trámites.**

Siendo las 10:49 horas, se dio por concluido el acto de sustentación.

Mg. Ronald Alexis Cortez Lázaro **Secretario**	Mg. María Luisa García Ruiz **Presidente**	Mg. Janett Margarita Flores Reyes **Vocal**	Dr. Mario Humberto Taipe Cancho **Asesor**

Toda copia de este documento, sea del entorno virtual o del documento original en físico es considerada "copia no controlada"

DEDICATORIA

A mi familia, por su apoyo incondicional, comprensión y motivación constante a lo largo de todo este proceso, siendo el pilar fundamental que me impulsó a seguir adelante.

A mi pareja, Selene, por su compañía, paciencia y aliento en cada etapa, brindándome la fuerza necesaria para no rendirme ante las dificultades.

Y a mis animales, por su compañía sincera, que en los momentos más exigentes me brindaron tranquilidad, alegría y motivación para continuar.

AGRADECIMIENTO

A mi familia, principalmente a mis padres y a mi pareja por darme todo el apoyo necesario y sobre todo motivarme a concluir esta etapa en mi vida.

A mi asesor Dr. Taipe Cancho Mario Humberto, por confiar en mi persona y brindarme su asesoría en la ejecución del presente proyecto.

A mis amigos por compartirme sus conocimientos durante el análisis estadístico.

A todas las personas que a lo largo de este proceso me apoyaron y me motivaron a concluir este proyecto que cierra una etapa importante en mi vida.

ÍNDICE

CONSTANCIA DE SIMILITUD (TURNITIN) 3

ACTA DE SUSTENTACIÓN 4

DEDICATORIA 6

AGRADECIMIENTO 7

LISTA DE TABLAS 12

LISTA DE FIGURAS 13

RESUMEN 14

ABSTRACT 15

INTRODUCCIÓN 16

I. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA 17

1.1. Descripción de la Realidad Problemática 17

1.2. Formulación del Problema 17

1.2.1. Problema General 17

1.2.2. Problemas Específicos 18

1.3. Objetivos 18

1.3.1. Objetivo General 18

1.3.2. Objetivos Específicos 18

1.4. Justificación 18

1.5. Delimitación de la Investigación 19

1.5.1. Delimitación Teórica 19

1.5.2. Delimitación Temporal 20

1.5.3. Delimitación Espacial 20

II. MARCO TEÓRICO Y EMPÍRICO 21

2.1. Bases Teóricas 21

2.1.1. Producción de Plátano en el Perú 21

2.1.2. Condiciones Agroecológicas 21

2.1.3. Problemas Fitosanitarios 22
2.1.4. Picudo Negro 22
2.1.5. Ciclo Biológico del Cosmopolites Sordidus 23
2.1.6. Ciclo Biológico del Picudo Negro (C. sordidus) en el Plátano 24
2.1.7. Síntomas Causados por el Picudo Negro en el Cultivo del Plátano 24
2.1.8. Rango de Hospederos 24
2.1.9. Clasificación del Picudo Negro (CAB Internacional, 1999) 25
2.1.10. Manejo Biológico del Picudo Negro 25
2.1.11. Beauveria Bassiana 25
2.1.12. Taxonomía (Beauveria Bassiana) 26
2.1.13. Modo de Acción de Beauveria Bassiana 26
2.1.14. Aplicación del Hongo B. Bassiana 26
2.1.15. Metarhizium Anisopliae 27
2.1.16. Taxonomía de Metarhizium Anisopliae 27
2.1.17. Modo de Acción de Metarhizium Anisopliae 27
2.1.18. Aplicación de Metarhizium Anisopliae 27
2.2. Antecedentes 28
A. Antecedentes Nacionales 28
B. Antecedentes Internacionales 29
2.3. Definición de Términos Básicos 31
III. HIPÓTESIS Y VARIABLES 32
3.1. Hipótesis 32
3.1.1. Hipótesis General 32
3.1.2. Hipótesis Específicas 32
3.2. Definición Conceptual de Variables 32
3.2.1. Variable Independiente 32
3.2.2. Variables Dependientes 33

3.3. Operacionalización de Variables 35
IV. DISEÑO METODOLÓGICO 37
4.1. Tipo de Investigación 37
4.2. Diseño de Investigación 37
4.2.1. Diseño Experimental 38
4.2.2. Diseño del Campo Experimental 40
4.3. Método de Investigación 40
4.4. Población y Muestra 41
4.4.1. Población 41
4.4.2. Muestra 41
4.5. Lugar de Estudio 41
4.6. Procedimiento de Investigación 42
4.6.1. Selección de Terreno Agrícola 42
4.6.2. Preparación de las Soluciones de Beauveria Bassiana y Metarhizium Anisopliae 42
4.7. Técnicas e Instrumentos para la Recolección de Datos 45
4.8. Análisis y Procesamiento de Datos 47
V. RESULTADOS 50
5.1. Resultados Descriptivos 50
5.2. Eficacia de Control del Picudo Negro (*Cosmopolites Sordidus*) 50
5.3. Tiempo de Respuesta hasta la Aparición de Signos de Mortalidad o Infección del Picudo Negro (*Cosmopolites sordidus*) 53
5.4. Incidencia y Severidad del Daño Causado por el Picudo Negro (*Cosmopolites Sordidus*) 56
5.5. Resultados Inferenciales 60
5.6. Eficacia de Control del Picudo Negro (*Cosmopolites Sordidus*) 60
5.7. Tiempo de Respuesta del Control del Picudo Negro (*Cosmopolites Sordidus*) 65

5.8. Incidencia y Severidad del Daño Causado por el Picudo Negro (*Cosmopolites Sordidus*) 67

VI. DISCUSIÓN DE RESULTADOS 72

VII. CONCLUSIÓN 75

VIII. RECOMENDACIONES 76

IX. REFERENCIAS 77

X. ANEXOS 82

LISTA DE TABLAS

Tabla 1 Índice de severidad de daño 34

Tabla 2 Operacionalización de variables 36

Tabla 3 Prueba de normalidad y homogeneidad de varianzas 48

Tabla 4 Estadísticos descriptivos del porcentaje de mortalidad y porcentaje de eficacia de control de *C. sordidus*, según tratamientos 50

Tabla 5 Estadísticos descriptivos del tiempo de respuesta hasta la aparición de signos de mortalidad o infección de *C. sordidus*, según tratamientos 54

Tabla 6 Estadísticos descriptivos del porcentaje de incidencia y severidad de daño del C. sordidus, según tratamientos 56

Tabla 7 Análisis de varianza de Kruskal Wallis para muestras independientes del porcentaje de mortalidad y eficiencia en el control de *C. sordidus* 61

Tabla 8 Prueba de comparación de medianas entre los tratamientos para el porcentaje de mortalidad de *C. sordidus* 62

Tabla 9 Prueba de comparación de medianas entre los tratamientos para la eficiencia de control de *C. sordidus* 64

Tabla 10 Análisis de varianza de Kruskal Wallis para muestras independientes del tiempo de respuesta del control de *C. sordidus* 65

Tabla 11 Prueba de comparación de medianas entre los tratamientos para el tiempo de respuesta del control del picudo negro (*C. sordidus*) 66

Tabla 12 Análisis de varianza de Kruskal Wallis para muestras independientes del porcentaje de incidencia y severidad de daño de *C. sordidus* 67

Tabla 13 Prueba de comparación de medianas entre los tratamientos para la incidencia del picudo negro (*C. sordidus*) en pseudotallos de plátano 68

Tabla 14 Prueba de comparación de medianas entre los tratamientos para la severidad de daño del picudo negro (*C. sordidus*) en pseudotallos de plátano 70

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 Ciclo biológico del picudo negro (*Cosmopolites sordidus*) 23

Figura 2 Disposición de los tratamientos en las unidades experimentales 39

Figura 3 Ubicación del experimento.....42

Figura 4 Gráfico de barras del porcentaje de mortalidad de *C. sordidus* según tratamientos 52

Figura 5 Gráfico de barras del porcentaje de eficiencia de control de *C. sordidus* según tratamientos.....53

Figura 6 Gráfico de barras del tiempo de respuesta hasta la aparición de signos de mortalidad o infección de *C. sordidus*, según tratamientos 55

Figura 7 Gráfico de barras del porcentaje de incidencia de *C. sordidus*, según tratamientos 58

Figura 8 Gráfico de barras de la severidad de daño de *C. sordidus*, según tratamientos 59

RESUMEN

El presente estudio tuvo como objetivo determinar el efecto de las aplicaciones de *Beauveria bassiana* y *Metarhizium anisopliae* en el control del picudo negro (*Cosmopolites sordidus*) en plantaciones de plátano del distrito de Mala. La investigación se desarrolló bajo un enfoque cuantitativo, con diseño experimental completamente al azar, evaluando 10 tratamientos y 6 repeticiones, en una población de 900 plantas de plátano. Se analizaron variables como mortalidad, incidencia y severidad del daño, así como el tiempo de respuesta del control biológico.

Los resultados mostraron diferencias estadísticamente significativas entre tratamientos ($p < .05$), evidenciando que las mayores dosis volumétricas y combinaciones de ambos hongos presentaron mayor eficacia. En mortalidad, el tratamiento T4, correspondiente a *M. anisopliae* a 1,75 ml/L, alcanzó el mayor porcentaje (89,29 %), seguido de T9 (*B. bassiana* a 5 ml/L), con 88,10 %, mientras que el testigo registró 25,00 %. La prueba de Dunn confirmó la conformación de subconjuntos superiores con los tratamientos de mayor eficacia biológica. En cuanto a incidencia y severidad, el tratamiento T3 (5 ml/L de *B. bassiana* + *M. anisopliae*) destacó por registrar la menor severidad (26,67 %) y una reducción considerable de la incidencia, en contraste con el tratamiento testigo, que alcanzó valores superiores (≈ 93,33 % de incidencia y 50,00 % de severidad).

En cuanto al tiempo de respuesta, se determinó que el efecto de los hongos entomopatógenos se manifestó aproximadamente a los 7 días posteriores a la aplicación, evidenciando una acción progresiva asociada a su mecanismo de infección. Se concluye que el uso de *B. bassiana* y *M. anisopliae* constituye una alternativa eficaz y sostenible para el manejo del picudo negro, reduciendo significativamente el daño en el cultivo y promoviendo prácticas agrícolas amigables con el ambiente.

Palabras clave: control biológico, plátano, *Beauveria bassiana*, *Metarhizium anisopliae*, *Cosmopolites sordidus*.

ABSTRACT

The present study aimed to determine the effect of applications of *Beauveria bassiana* and Metarhizium anisopliae on the control of the black weevil (Cosmopolites sordidus) in banana plantations in the district of Mala. The research was conducted using a quantitative approach, with a completely randomized experimental design, evaluating 10 treatments and 6 repetitions, in a population of 900 banana plants. Variables such as mortality, incidence and severity of damage, as well as the response time of biological control, were analyzed.

The results showed statistically significant differences between treatments ($p < .05$), demonstrating that the highest volumetric doses and combinations of both fungi presented greater efficacy. In terms of mortality, treatment T4, corresponding to M. anisopliae at 1.75 ml/L, achieved the highest percentage (89.29%), followed by T9 (B. *bassiana* at 5 ml/L), with 88.10%, while the control group recorded 25.00%. Dunn's test confirmed the formation of superior subsets with the treatments of greatest biological efficacy. Regarding incidence and severity, treatment T3 (5 ml/L of B. *bassiana* + *M. anisopliae*) stood out for recording the lowest severity (26.67%) and a considerable reduction in incidence, in contrast to the control treatment, which reached higher values (≈93.33% incidence and 50.00% severity).

Regarding response time, it was determined that the effect of the entomopathogenic fungi became evident approximately 7 days after application, demonstrating a progressive action associated with their infection mechanism. It is concluded that the use of *B. bassiana* and M. anisopliae constitutes an effective and sustainable alternative for the management of the black weevil, significantly reducing crop damage and promoting environmentally friendly agricultural practices.

Keywords: biological control, banana, *Beauveria bassiana*, *Metarhizium anisopliae*, *Cosmopolites sordidus*.

INTRODUCCIÓN

El cultivo de plátano representa una actividad agrícola importante en el Perú, tanto por su aporte a la alimentación como por su contribución a la economía de los productores. Gracias a sus condiciones agroecológicas favorables, este cultivo se desarrolla en diversas zonas del país (FAO, 2017). En el distrito de Mala, provincia de Cañete, el plátano forma parte de las actividades agrícolas locales, siendo una fuente de ingreso para los agricultores. No obstante, la producción de plátano se ve limitada por diversos problemas fitosanitarios, entre los que destaca el picudo negro (*Cosmopolites sordidus*), considerado una de las plagas más importantes del cultivo. Este insecto ocasiona daños en el cormo y pseudotallo, debilitando la planta y reduciendo su rendimiento (Treverrow & De La Rosa, 1995; CAB International, 1999). Además, su impacto ha sido ampliamente reportado, generando pérdidas significativas en la producción (González Dávila et al., 2022). El control de esta plaga se ha basado principalmente en el uso de insecticidas químicos; sin embargo, su uso continuo ha generado problemas como contaminación ambiental, riesgos para la salud y resistencia del insecto (Pimentel & Burgess, 2014). Por ello, el manejo integrado de plagas promueve alternativas más sostenibles, siendo el control biológico una de las más viables (Gold et al., 2001; Guedes et al., 2021). En este contexto, los hongos entomopatógenos como *Beauveria bassiana* y *Metarhizium anisopliae* han demostrado eficacia en el control de insectos plaga, al provocar alteraciones fisiológicas y mortalidad (Zimmermann, 2007; Elzein et al., 2011). Diversos estudios reportan resultados favorables en el control del picudo negro, tanto de manera individual como combinada (González Dávila et al., 2022; Pozo Álava, 2022). Por lo tanto, el presente trabajo tuvo como objetivo evaluar la aplicación de *Beauveria bassiana* y *Metarhizium anisopliae* para el control del picudo negro (*Cosmopolites sordidus*) en plantaciones de plátano del distrito de Mala, provincia de Cañete, con la finalidad de generar información que contribuya a un manejo más eficiente y sostenible de esta plaga.

I. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.1. Descripción de la Realidad Problemática

El cultivo de plátano en el distrito de Mala enfrenta una grave amenaza debido al picudo negro (*Cosmopolites sordidus*), una plaga que afecta tanto las raíces como el pseudotallo de la planta, lo que resulta en una reducción significativa del rendimiento y calidad del cultivo (Twesigye et al., 2018). Este problema no solo disminuye la productividad, sino que también impacta directamente la economía local, dada la importancia del plátano como cultivo principal en la región. El uso intensivo de plaguicidas químicos para controlar esta plaga ha generado efectos negativos, como la resistencia de la plaga a los productos utilizados, la contaminación del suelo y el agua, y el riesgo para la salud de los trabajadores agrícolas (Pimentel & Burgess, 2014). En este contexto, la presente investigación propone la utilización de *Beauveria bassiana* y *Metarhizium anisopliae*, hongos entomopatógenos con capacidad para controlar plagas de manera biológica (Tinzaara et al., 2007). Estos bioplaguicidas no solo podrían mejorar la gestión del picudo negro, sino también reducir la dependencia de productos químicos, lo que permitiría una disminución en la resistencia de la plaga y mitigaría el impacto ambiental. La aplicación de estos hongos en las plantaciones de plátano del distrito de Mala es una oportunidad para avanzar hacia prácticas agrícolas más sostenibles y menos perjudiciales para el medio ambiente. Al reducir el uso de plaguicidas químicos, se lograría una mejora en la biodiversidad local y en la salud del ecosistema, sin comprometer la productividad agrícola. Además, los resultados obtenidos podrían ser utilizados como base para el manejo integrado de plagas en otras regiones productoras de plátano, promoviendo el uso de soluciones biológicas como parte de una agricultura más responsable y saludable. Esta investigación no solo busca ofrecer una alternativa efectiva al control del picudo negro, sino también contribuir a un cambio hacia prácticas agrícolas que favorezcan tanto la sostenibilidad como la rentabilidad a largo plazo. Además, se espera que los hallazgos puedan ser aplicados a una variedad de cultivos, ampliando su impacto en el manejo de plagas en la agricultura tropical.

1.2. Formulación del Problema

1.2.1. Problema General

¿Qué efecto tendrá la aplicación de *Beauveria bassiana* y *Metarhizium anisopliae* en el control de picudo negro (*Cosmopolites sordidus*) en las plantaciones de plátano del distrito de Mala?

1.2.2. Problemas Específicos

¿Cómo varía la eficacia del control del picudo negro (*Cosmopolites sordidus*) con diferentes dosis volumétricas de *Beauveria bassiana* y *Metarhizium anisopliae* en las plantaciones de plátano del distrito de Mala?

¿Cuál es el tiempo de respuesta del control del picudo negro (*Cosmopolites sordidus*) después de las diferentes dosis de *Beauveria bassiana* y *Metarhizium anisopliae* en las plantaciones de plátano?

¿Cómo influyen las aplicaciones de *Beauveria bassiana* y *Metarhizium anisopliae* en la reducción de la incidencia y severidad del daño causado por el picudo negro (*Cosmopolites sordidus*) en las plantaciones de plátano del distrito de Mala?

1.3. Objetivos

1.3.1. Objetivo General

Determinar el efecto de las aplicaciones de *Beauveria bassiana* y *Metarhizium anisopliae* en el control de picudo negro (*Cosmopolites sordidus*) en las plantaciones de plátano del distrito de Mala.

1.3.2. Objetivos Específicos

Evaluar la eficacia de control del picudo negro (*Cosmopolites sordidus*) según diferentes dosis volumétricas de *Beauveria bassiana* y *Metarhizium anisopliae*.

Medir el tiempo de respuesta del control del picudo negro (*Cosmopolites sordidus)* tras las diferentes dosis de *Beauveria bassiana* y *Metarhizium anisopliae*.

Analizar el efecto de las aplicaciones de *Beauveria bassiana* y *Metarhizium anisopliae* sobre la incidencia y severidad del daño causado por el picudo negro (*Cosmopolites sordidus*).

1.4. Justificación

El cultivo de plátano en el distrito de Mala enfrenta una grave amenaza debido al picudo negro (*Cosmopolites sordidus)*, una plaga que afecta tanto las raíces como el pseudotallo de la planta, lo que resulta en una reducción significativa del rendimiento y calidad del cultivo (Gold et al., 2001).

El valor científico de la investigación radica en generar evidencia concreta, obtenida en condiciones reales de campo, sobre cómo actúan *Beauveria bassiana* y *Metarhizium anisopliae*

frente a *Cosmopolites sordidus*. Se trata de un conocimiento todavía escaso en el contexto agroclimático de la provincia de Cañete, donde la mayoría de referencias disponibles proceden de otras latitudes; comprender aquí, en este suelo y este clima, cómo se comporta la infección entomopatógena permite construir un saber propio y aplicable.

Desde el enfoque metodológico, el estudio ofrece un protocolo sistematizado y replicable para que otros investigadores puedan continuar la evaluación de bioplaguicidas en cultivos similares utilizando el diseño experimental empleado (DCA, con diez tratamientos, seis repeticiones) y evaluar sus efectos en la mortalidad, incidencia y severidad de daño.

En el aspecto económico, la investigación responde a una preocupación muy concreta del agricultor: producir sin que los costos se disparen. Frente a un uso continuo de plaguicidas químicos que, con el tiempo, pierde eficacia por la resistencia que desarrolla la propia plaga (Pimentel & Burgess, 2014), el control biológico se presenta como una alternativa que puede sostenerse en el tiempo sin encarecer la producción.

El aporte ambiental es reducir la dependencia de agroquímicos, lo que significa menos residuos en el suelo y el agua, y un ecosistema agrícola que conserva mejor su equilibrio natural, sin que ello implique sacrificar rendimiento (Dassou et al., 2024).

En cuanto al aporte social, quienes trabajan directamente la tierra están también menos expuestos a sustancias tóxicas. A esto se suma que el plátano es un cultivo del que depende buena parte de la economía familiar en la región (MIDAGRI, 2021), de modo que fortalecer su manejo fitosanitario es, en el fondo, fortalecer la estabilidad de quienes viven de él. Los hallazgos de este trabajo, además, podrían servir de referencia para el manejo integrado de plagas en otras zonas plataneras y en cultivos tropicales de características afines.

1.5. Delimitación de la Investigación

1.5.1. Delimitación Teórica

La presente investigación se delimita al estudio del control biológico de *Cosmopolites sordidus* mediante el uso de hongos entomopatógenos, específicamente *Beauveria bassiana* y *Metarhizium anisopliae*. El análisis se centra en la evaluación de variables biológicas como mortalidad, incidencia, severidad y tiempo de acción (incluye los signos visibles: letargo, movimientos erráticos, reducción de la actividad y decoloración del exoesqueleto), sin considerar otros métodos de control como el químico o genético.

1.5.2. Delimitación Temporal

La investigación se desarrolló durante el periodo comprendido entre el 25 de octubre de 2025 y el 9 de febrero de 2026, tiempo en el cual se realizó la instalación del experimento, la aplicación de los tratamientos y la evaluación de las variables en estudio.

1.5.3. Delimitación Espacial

El estudio se realizó en la Parcela Cipriano Quiroz Huapaya, ubicada en el sector Escala Baja – La Huaca, distrito de Mala, provincia de Cañete, departamento de Lima. Asimismo, parte del trabajo experimental se complementó en laboratorio, donde se llevó a cabo la identificación del hongo y la evaluación de su colonización.

II. MARCO TEÓRICO Y EMPÍRICO

2.1. Bases Teóricas

2.1.1. Producción de Plátano en el Perú

La producción de plátano en Perú ha mostrado un crecimiento sostenido en las últimas décadas, consolidándose como una de las principales actividades agrícolas del país. Las principales regiones productoras de plátano en nuestro país fueron San Martín, con un total de 467.452 toneladas; Piura con 415.914 toneladas; Ucayali con 292.813 toneladas; Loreto con 281.340 toneladas y Huánuco con 233.775 toneladas (MIDAGRI, 2024). El plátano es cultivado tanto para el consumo local como para la exportación, siendo un alimento básico en la dieta peruana, así como un producto de gran demanda en mercados internacionales. En 2020, el Ministerio de Agricultura y Riego reportó que la producción de plátano alcanzó más de un millón de toneladas, con un crecimiento del 4% en comparación con el año anterior (MIDAGRI, 2021). Perú es conocido por la calidad de su plátano, lo que le permite competir en mercados como Estados Unidos, Europa y Asia (PROMPERÚ, 2023). Además, la producción del plátano tiene un impacto socioeconómico significativo, proporcionando empleo a más de 40,000 agricultores a nivel nacional (MIDAGRI, 2021). La variedad más cultivada es el plátano de seda, seguida por el plátano bellaco y el plátano de isla, que tienen diferentes usos tanto en el mercado interno como en la exportación (MIDAGRI, 2020). El desarrollo de este sector ha sido clave para la economía de las regiones productoras, que dependen en gran medida de este cultivo. Las prácticas sostenibles, como el uso de control biológico para reducir las plagas, han permitido que el cultivo sea más eficiente y menos dependiente de químicos agrícolas (FAO, 2017).

2.1.2. Condiciones Agroecológicas

El plátano requiere condiciones específicas para su cultivo exitoso, y en Perú, estas condiciones se encuentran en varias regiones que cuentan con un clima tropical y subtropical. Las condiciones agroecológicas adecuadas incluyen temperaturas que oscilan entre los 24°C y 30°C, una alta disponibilidad de agua y suelos ricos en materia orgánica, bien drenados y con buen contenido de nutrientes. Estas características permiten que el plátano crezca de manera óptima, desarrollando raíces profundas y tallos robustos que son necesarios para sostener el peso de los frutos (FAO, 2017). Las zonas más productivas se encuentran principalmente en la costa norte del país, como Piura y Tumbes, que cuentan con sistemas de riego tecnificado que

facilitan el suministro continuo de agua, un recurso crítico para el desarrollo del plátano. Además, en la región amazónica, el clima húmedo y las lluvias constantes permiten una producción sostenida sin la necesidad de riego artificial. Las fluctuaciones climáticas, como la variación de las lluvias o eventos extremos como El Niño, pueden afectar la producción, pero la resiliencia de los agricultores ha permitido que la actividad continúe creciendo (FAO, 2017). Otro factor importante es la adaptación de las variedades de plátano a las diferentes altitudes y tipos de suelos, lo que ha permitido que el cultivo se extienda a diferentes áreas del país. Estas condiciones también hacen que el plátano sea menos susceptible a enfermedades y plagas cuando se combinan con técnicas de manejo agroecológico (Dassou et al., 2024).

2.1.3. Problemas Fitosanitarios

Las plagas y enfermedades son uno de los principales obstáculos en la producción de plátano en Perú. Entre los problemas fitosanitarios más graves están las infecciones por la sigatoka negra (*Mycosphaerella fijiensis*), una enfermedad fúngica que afecta las hojas de las plantas, reduciendo su capacidad fotosintética y, en consecuencia, disminuyendo la producción de frutos de manera significativa. La sigatoka negra es especialmente prevalente en áreas de alta humedad, lo que dificulta su control (Churchill, 2011; FAO, 2016). Otra plaga de gran importancia es el picudo negro (*Cosmopolites sordidu*s), que ataca las raíces y el pseudotallo de las plantas de plátano, debilitándolas y reduciendo la producción. Los nematodos, como *Radopholus similis*, también son patógenos comunes en las plantaciones de plátano y causan graves daños a las raíces, impidiendo la absorción de nutrientes y agua. Estos problemas fitosanitarios no solo afectan la productividad del cultivo, sino que también incrementan los costos de producción, ya que los agricultores deben invertir en pesticidas, fungicidas y prácticas de manejo especializado (Elzein et al., 2011). Para mitigar estos problemas, los agricultores peruanos han comenzado a adoptar técnicas de manejo integrado de plagas, que incluyen el uso de agentes biológicos, como hongos entomopatógenos, y la rotación de cultivos para reducir la incidencia de plagas y enfermedades (Dassou et al., 2024).

2.1.4. Picudo Negro

El picudo negro (*Cosmopolites sordidus*) es una de las plagas más devastadoras en las plantaciones de plátano de todo el mundo, incluido Perú. Este insecto pertenece a la familia *Curculionidae* y su ciclo de vida tiene lugar principalmente en el suelo, donde las larvas se alimentan del pseudotallo y las raíces de las plantas, debilitando la estructura de las mismas.

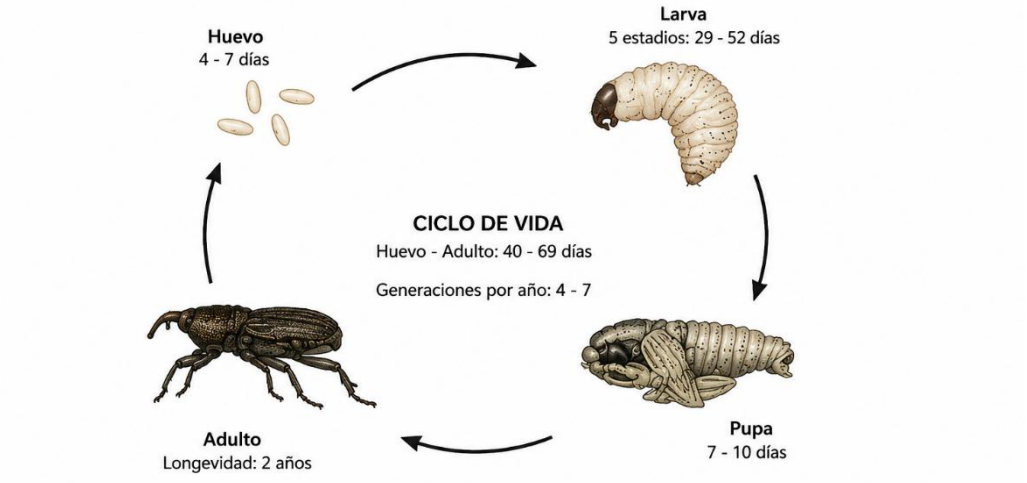
Este daño causa una reducción significativa en la producción de fruta, ya que las plantas afectadas no pueden absorber adecuadamente agua y nutrientes. El picudo negro es especialmente problemático debido a su capacidad para reproducirse rápidamente en condiciones favorables, lo que dificulta su control (Gold et al., 2001; FAO, 2017). Además, el daño causado por las larvas es a menudo invisible hasta que la planta muestra signos evidentes de debilidad, lo que hace que la detección temprana sea complicada. El manejo del picudo negro requiere una combinación de estrategias, que incluyen el uso de trampas de feromonas, el control biológico con hongos entomopatógenos y prácticas culturales como la eliminación de restos de plantas infestadas para reducir la población de la plaga (Gold et al., 2001).

2.1.5. Ciclo Biológico del Cosmopolites Sordidus

El ciclo biológico del picudo negro (fig. 1) comienza cuando las hembras adultas depositan sus huevos en el pseudotallo o en las raíces de las plantas de plátano. Estos huevos eclosionan en larvas, que se alimentan del tejido interno de la planta, debilitándose significativamente. Después de varias semanas de alimentación, las larvas pasan a la fase de pupa, que ocurre en el suelo.

Figura 1

Ciclo biológico del picudo negro (Cosmopolites sordidus)



Nota: La imagen presenta de manera esquemática el ciclo biológico del picudo negro (*Cosmopolites sordidus*), mostrando sus cuatro estadios de desarrollo: huevo, larva, pupa y adulto. Se indican los tiempos aproximados de cada fase (huevo: 4–7 días; larva: 29–52 días en cinco estadios; pupa: 7–10 días), así como la duración total del ciclo (40–69 días) y el número de generaciones anuales (4–7) Basado en Gold et al. (2001).

Las pupas finalmente se transforman en adultos, que emergen y reinician el ciclo. Este ciclo puede durar entre 45 y 90 días, dependiendo de las condiciones ambientales, como la temperatura y la humedad. En regiones tropicales como Perú, donde las condiciones son óptimas para el desarrollo del insecto, las poblaciones pueden crecer rápidamente, lo que hace que el manejo de la plaga sea un desafío continuo para los agricultores (Treverrow & De La Rosa, 1995).

2.1.6. Ciclo Biológico del Picudo Negro (C. sordidus) en el Plátano

En el cultivo de plátano, el ciclo biológico del picudo negro sigue el mismo patrón de la figura 1. Los huevos son depositados en el pseudotallo de la planta, donde las larvas comienzan a alimentarse del tejido interno, lo que causa un debilitamiento considerable en la planta. Las plantas afectadas son más susceptibles a caer, especialmente durante las tormentas, lo que agrava el problema en las áreas afectadas. El ciclo del picudo negro se completa cuando las pupas se convierten en adultos, listos para reiniciar el ciclo en nuevas plantas (Gold et al., 2001).

2.1.7. Síntomas Causados por el Picudo Negro en el Cultivo del Plátano

Los síntomas causados por la infestación del picudo negro incluyen el debilitamiento del pseudotallo y las raíces de la planta. Esto se traduce en un menor crecimiento y producción de fruto. Además, las plantas afectadas presentan hojas amarillentas y un pseudotallo hueco debido al daño causado por las larvas. Estos síntomas pueden no ser evidentes en las primeras etapas de la infestación, lo que dificulta su detección y control oportuno (Kiggundu et al., 2003). Las plantas debilitadas por el picudo negro son más vulnerables a otras enfermedades y condiciones climáticas adversas, lo que complica aún más el tratamiento.

2.1.8. Rango de Hospederos

El picudo negro tiene un rango limitado de hospederos, concentrándose principalmente en plantas del género Musa, lo que incluye tanto plátanos como bananas. Aunque se ha reportado que el insecto puede alimentarse de otras especies de plantas, el daño más significativo ocurre en los cultivos de plátano, que son sus principales hospederos. Esta especificidad hace que los esfuerzos de control se centren en los cultivos de plátano, donde la plaga causa las mayores pérdidas económicas (CAB Internacional, 1999).

2.1.9. Clasificación del Picudo Negro (CAB Internacional, 1999)

La clasificación taxonómica del picudo negro es la siguiente:

Reino: Animalia

Filo: Arthropoda

Clase: Insecta

Orden: Coleoptera

Familia: Curculionidae

Género: Cosmopolites

Especie: *Cosmopolites sordidus*

Esta clasificación es esencial para la correcta identificación del picudo negro y para el desarrollo de estrategias de manejo que se adapten a las características biológicas del insecto (CAB Internacional, 1999).

2.1.10. Manejo Biológico del Picudo Negro

El manejo biológico del picudo negro ha cobrado relevancia en los últimos años debido a la creciente preocupación por el uso excesivo de pesticidas químicos. Entre las estrategias más eficaces para el control del picudo negro se encuentra el uso de hongos entomopatógenos como *Beauveria bassiana*, que ha demostrado ser efectivo para reducir las poblaciones de este insecto sin dañar el medio ambiente. El hongo *Beauveria bassiana* actúa infectando al picudo negro cuando entra en contacto con sus esporas (Gold et al., 2001). Una vez que el hongo penetra la cutícula del insecto, comienza a crecer dentro de su cuerpo, provocando su muerte en pocos días. Este proceso no solo reduce la población de picudo negro, sino que también ayuda a prevenir nuevas infestaciones (Zimmermann, 2007). Además, este tipo de manejo es compatible con otras técnicas de control, como el uso de trampas de feromonas y prácticas culturales que disminuyen la disponibilidad de hospederos para la plaga.

2.1.11. Beauveria Bassiana

Beauveria bassiana es uno de los hongos entomopatógenos más utilizados en el control biológico de plagas agrícolas. Su capacidad para infectar a una amplia gama de insectos, incluyendo el picudo negro, lo convierte en una herramienta valiosa para los agricultores que buscan reducir el uso de pesticidas químicos. El hongo es fácil de aplicar en las plantaciones y tiene un impacto ambiental mínimo en comparación con los productos químicos tradicionales (Inglis et al., 2001).

2.1.12. Taxonomía (Beauveria Bassiana)

La clasificación taxonómica de *Beauveria bassiana* es la siguiente:

Reino: Fungi

Filo: Ascomycota

Clase: Sordariomycetes

Orden: Hypocreales

Familia: Cordycipitaceae

Género: *Beauveria*

Especie: *Beauveria bassiana*

Esta clasificación proporciona un marco para comprender la biología del hongo y su aplicación en el control biológico (National Center for Biotechnology Information, 2014).

2.1.13. Modo de Acción de Beauveria Bassiana

El hongo *Beauveria bassiana* actúa mediante la infección del insecto huésped cuando sus esporas entran en contacto con la cutícula del insecto. Una vez que las esporas germinan, el hongo penetra en el cuerpo del insecto y prolifera dentro de él, causando su muerte en un plazo de 3 a 7 días. Además, el hongo produce toxinas que afectan el sistema inmunológico del insecto, lo que acelera su debilitamiento y muerte (Butt et al., 2001). Esta capacidad lo convierte en una herramienta eficaz para el manejo del picudo negro, especialmente cuando se utiliza como parte de un sistema de manejo integrado de plagas.

2.1.14. Aplicación del Hongo B. Bassiana

La aplicación de *Beauveria bassiana* se realiza típicamente en forma de suspensiones líquidas, donde las esporas del hongo se mezclan con agua y se aplican directamente sobre las plantas afectadas o en el suelo circundante. Esta técnica permite que las esporas se distribuyan de manera uniforme, aumentando las posibilidades de contacto con el picudo negro. En las plantaciones de plátano, el uso de *Beauveria bassiana* ha demostrado reducir significativamente las poblaciones de picudo negro en un período relativamente corto (Zimmermann, 2007). Además, su uso repetido a lo largo de la temporada de cultivo puede ayudar a mantener bajas las poblaciones de la plaga, reduciendo así la necesidad de pesticidas químicos.

2.1.15. Metarhizium Anisopliae

Metarhizium anisopliae es otro hongo entomopatógeno utilizado en el control biológico de plagas, incluyendo al picudo negro en cultivos de plátano. Este hongo es capaz de infectar a una amplia variedad de insectos y ha sido utilizado exitosamente en diferentes sistemas agrícolas. Al igual que *Beauveria bassiana*, *Metarhizium anisopliae* actúa infectando al insecto huésped a través del contacto directo con sus esporas (Inglis et al., 2001).

2.1.16. Taxonomía de Metarhizium Anisopliae

La clasificación taxonómica de *Metarhizium anisopliae* es la siguiente:

Reino: Fungi

Filo: Ascomycota

Clase: Sordariomycetes

Orden: Hypocreales

Familia: Clavicipitaceae

Género: *Metarhizium*

Especie: *Metarhizium anisopliae*

Esta clasificación refleja la diversidad de hongos patógenos dentro del orden Hypocreales, al cual también pertenece *Beauveria bassiana*.

2.1.17. Modo de Acción de Metarhizium Anisopliae

El modo de acción de *Metarhizium anisopliae* es similar al de *Beauveria bassiana*. Cuando las esporas de M. *anisopliae* hacen contacto con la cutícula del insecto hospedador, germinan y atraviesan su superficie. Una vez dentro, el hongo se establece y produce toxinas que debilitan el sistema inmunológico del insecto, llevándolo a la muerte. Tras la muerte del insecto, el hongo continúa creciendo en el interior del cadáver y emerge al exterior, dispersando nuevas esporas que pueden infectar a otros insectos en el entorno (St. Leger et al., 1996).

2.1.18. Aplicación de Metarhizium Anisopliae

La aplicación de *Metarhizium anisopliae* en cultivos de plátano se realiza generalmente mediante la aspersión de una suspensión de esporas sobre el suelo y las plantas. Esta técnica ha demostrado ser eficaz en la reducción de las poblaciones de picudo negro en plantaciones afectadas. Además, *Metarhizium anisopliae* tiene la capacidad de persistir en el suelo, lo que

ofrece una protección duradera y reduce la necesidad de aplicaciones repetidas. La aplicación regular de este hongo puede disminuir las poblaciones de plagas (Gold et al., 2001; Tinzaara et al., 2007).

2.2. Antecedentes

A. Antecedentes Nacionales

Cerna Mercado (2022) realizó una investigación para analizar la eficacia del control biológico del picudo negro (*Cosmopolites sordidus*) en cultivos de plátano mediante el uso de *Beauveria bassiana* y trampas en tres distritos de la región de Ucayali, Perú. El estudio utilizó un diseño experimental que incluyó cuatro tipos de trampas (disco, sándwich, bisel y tipo V), aplicando *B. bassiana* en polvo mojable a una dosis de 10 gramos por trampa. La investigación se llevó a cabo en las localidades de Padre Abad, Masisea e Iparía, cubriendo un total de 648 plantas distribuidas en tres hectáreas. Los resultados revelaron que la trampa tipo V mostró una mayor eficacia en todas las zonas estudiadas, capturando un mayor número de insectos infectados con *B. bassiana*. Los promedios de captura fueron de 34.67 adultos en Masisea, 21.00 en Padre Abad y 14.67 en Iparía. Esto sugiere que el uso de la trampa tipo V, junto con *B. bassiana*, constituye una estrategia óptima para el control biológico del picudo negro en las condiciones evaluadas.

En el estudio de Fernández Gaitán y Paico Marín (2019), se utilizaron dos cepas de *Beauveria bassiana* para el control de *Cosmopolites sordidus*: la cepa nativa y la cepa BI12H, esta última irradiada con luz UV-C durante 12 horas. Ambas cepas se aplicaron en diferentes concentraciones ($3x10^7$, $4x10^7$, $5x10^7$, $6x10^7$, y $7x10^7$ conidios/ml), y los resultados mostraron que la cepa irradiada BI12H fue más eficaz que la cepa nativa en provocar la muerte de los adultos de picudo negro. La cepa BI12H logró una DL50 (dosis letal media) en la primera semana de exposición, lo que significa que el 50% de los adultos de *C. sordidus* murieron en ese tiempo a una concentración de $3x10^7$ conidios/ml. En comparación, la cepa nativa alcanzó su DL50 en la segunda semana. La mortalidad total acumulada para la cepa BI12H alcanzó aproximadamente un 90% en la tercera semana, mientras que la cepa nativa lo hizo en la cuarta semana. Esta diferencia sugiere que la cepa irradiada BI12H tiene un mayor potencial entomopatógeno y es más rápida en causar mortalidad en *Cosmopolites sordidus* que la cepa nativa.

Cayetano Huamán, L. C. (2019) evaluó el efecto de *Beauveria bassiana* en el control de *Cosmopolites sordidus* en el Centro Poblado de Puerto Mayo, Cusco. El objetivo del estudio

fue evaluar el daño ocasionado por el picudo negro y comparar la efectividad de diferentes métodos de control. Se aplicaron tratamientos con *Beauveria bassiana* a una dosis de 240 g por hectárea, control mecánico (polietileno) y control químico (Furadan 5G). Utilizando un diseño de bloques completos al azar con tres repeticiones, los resultados mostraron que el coeficiente de daño fue del 7.22% en el cultivar Seda y 10.55% en Isla para *Beauveria bassiana*, indicando su efectividad en la reducción de la población de gorgojos.

B. Antecedentes Internacionales

González Dávila et al. (2022) evaluaron la efectividad de *Beauveria bassiana* y *Metarhizium anisopliae* en el control del picudo negro en cultivos de plátano. La prueba se llevó a cabo utilizando trampas tipo sándwich, aplicando cuatro tratamientos con cinco repeticiones en un Diseño Completamente al Azar (DCA). La aplicación se realizó en trampas, cada una compuesta por un recipiente plástico oscuro de 500 mL, en el que se colocó una rodaja de cormo fresco como base. Sobre esta, se añadieron los hongos: *Beauveria bassiana*, a una concentración de 4×10^8 conidios por gramo de producto comercial, con una dosis de 240 g por hectárea; y *Metarhizium anisopliae*, a una concentración de 3×10^{10} conidios por gramo de producto comercial, aplicando la misma dosis de 240 g por hectárea. A los 24 días de iniciado el ensayo, la cepa de *Metarhizium anisopliae* alcanzó un 16% de mortalidad, *Beauveria bassiana* un 74% y la combinación de ambos hongos un 78%, lo cual sugiere una mayor eficacia en el control del picudo negro con el tratamiento combinado.

Suarez Quintero, J. E., y Suarez Quintero, L. J. (2020) llevaron a cabo una investigación para probar la efectividad de *Beauveria bassiana* en tres presentaciones: líquida, polvo mojable y granulado, para el control del picudo negro en plantaciones de plátano. El estudio empleó trampas de tipo disco, aplicando cuatro tratamientos con tres repeticiones cada uno, en un diseño de bloque completamente al azar (BCA). Los hallazgos demostraron que la formulación en gránulos fue la más eficaz, con un 92.47% de control sobre el picudo negro; en segundo lugar, la formulación en polvo mojable alcanzó una efectividad del 89.76%. Las trampas se elaboraron con pseudotallos frescos de plátano, cortados a un diámetro de 12 cm y una altura de 6 cm. Las dosis aplicadas fueron de 300 g/ha para las formulaciones en polvo mojable y granulado, y 300 ml/ha para la formulación líquida.

El estudio realizado por Armendáriz et al. (2016) en Manabí, Ecuador, evaluó la eficacia del control del picudo negro (*Cosmopolites sordidus*) en plantaciones de plátano Barraganete mediante el uso de trampas de feromonas y la aplicación de *Beauveria bassiana*.

El experimento se llevó a cabo entre diciembre de 2013 y octubre de 2014. El diseño experimental fue al azar, con cinco tratamientos: discos con hongos y limpieza, discos con hongos sin limpieza, trampas de feromonas con y sin limpieza, y un control sin tratamiento. Las variables evaluadas incluyeron altura de planta, perímetro del pseudotallo, peso de racimos y longitud de los dedos del plátano. Asimismo, se encontró que el tratamiento con feromonas fue más efectivo en términos de rendimiento, ya que las parcelas con trampas mostraron mayores pesos de racimos y longitudes de dedos en comparación con los tratamientos con hongos ($F = 4.508$). En cuanto a la efectividad del hongo *Beauveria bassiana*, la patogenicidad sobre *Cosmopolites sordidus* fue del 46.70%, mientras que para *Metamasius hemipterus* fue del 92.80%, lo que sugiere una mayor eficacia del hongo sobre el segundo insecto. Los resultados del estudio indican que las capturas con feromonas y la aplicación de *B. bassiana* tienen el potencial de mejorar los rendimientos en plantaciones afectadas por el picudo negro.

El estudio realizado por Guamangate-Casillas et al. (2024) evaluó la eficacia de *Beauveria bassiana* y *Metarhizium anisopliae* en el control del picudo rayado (*Metamasius hemipterus*) en plantaciones de baby banano en La Maná, Cotopaxi. El experimento, diseñado completamente al azar, incluyó tres tratamientos con cinco repeticiones cada uno. Se capturaron 10 insectos adultos de picudo rayado y se colocaron en frascos con 100 gramos de pseudotallo. El tratamiento 1 aplicó *Beauveria bassiana* (BBPLUS, MICROTECH) con una concentración de $1x10^9$ conidios/ml, mientras que el tratamiento 2 utilizó *Metarhizium anisopliae* (METALIUM, MICROTECH) con la misma concentración. El tratamiento 3 sirvió como control sin la aplicación de hongos. Los resultados mostraron un control efectivo de los insectos, con mortalidades del 79.86% para *B. bassiana* y 77.86% para *M. anisopliae*. El tiempo promedio de acción fue de 8.8 días para *B. bassiana* y 8.6 días para *M. anisopliae*, significativamente superior al tratamiento control, que presentó solo un 14% de mortalidad. Estos resultados confirman la alta eficacia de los hongos entomopatógenos para el control del picudo rayado en condiciones de laboratorio.

El estudio realizado por Pozo Álava (2022) evaluó la eficacia de *Beauveria bassiana* para el control del picudo negro (*Cosmopolites sordidus*) en el cultivo de banano (*Musa sapientum*) en la provincia de Los Ríos, Ecuador. El experimento consistió en la aplicación del hongo en formulación de $4x10^9$ conidios/ml a través de trampas de pseudotallos semicilíndricos, con una dosis de 5 gramos de esporas por trampa. Se colocaron 50 trampas por hectárea, y se evaluaron parámetros como la mortalidad de los insectos y el impacto en el rendimiento del cultivo. Los resultados indicaron una mortalidad del 97.5% en el picudo negro a los 21 días de la inoculación con *B. bassiana*, lo que sugiere que este hongo es una alternativa

efectiva para el control biológico de esta plaga en el cultivo de banano. Además, el uso de trampas y aplicaciones recurrentes del hongo demostraron un control sostenible en el tiempo, favoreciendo la reducción de plagas sin causar daños colaterales al medio ambiente.

2.3. Definición de Términos Básicos

Beauveria bassiana. Hongo utilizado para el biocontrol de insectos plaga.

Ciclo biológico. Conjunto de etapas de vida de un organismo.

Condiciones agroecológicas. Factores ambientales y agrícolas que afectan el cultivo.

Control biológico. Uso de organismos vivos para controlar plagas.

Entomopatógeno. Microorganismo que infecta y mata insectos.

Feromonas sexuales. Feromonas utilizadas para atraer compañeros en insectos.

Feromonas. Sustancias químicas que los insectos utilizan para comunicarse.

Manejo integrado de plagas. Estrategia que combina métodos para controlar plagas.

Metarhizium anisopliae. Hongo entomopatógeno usado para controlar plagas agrícolas.

Nematodos. Gusanos microscópicos que atacan las raíces de las plantas.

Pesticida químico. Sustancia sintética usada para matar plagas.

Picudo negro (*Cosmopolites sordidus*). Insecto plaga que ataca cultivos de plátano.

Plátano de seda. Variedad de plátano popular en Perú.

Pseudotallo. Estructura formada por las bases de las hojas de la planta de plátano.

Sigatoka negra (*Mycosphaerella fijiensis*). Enfermedad fúngica que afecta las hojas del plátano.

Suspensión líquida. Mezcla de esporas en agua para aplicar en cultivos.

Taxonomía. Clasificación científica de organismos en categorías.

III. HIPÓTESIS Y VARIABLES

3.1. Hipótesis

3.1.1. Hipótesis General

Las aplicaciones de *Beauveria bassiana y Metarhizium anisopliae* tienen efecto significativo en el control del picudo negro (*Cosmopolites sordidus*) en las plantaciones de plátano del distrito de Mala.

3.1.2. Hipótesis Específicas

Las dosis volumétricas más altas de *Beauveria bassiana* y *Metarhizium anisopliae* reducirán la población del picudo negro (*Cosmopolites sordidus*) de manera más eficaz que las dosis más bajas.

El tiempo de respuesta para el control del picudo negro (*Cosmopolites sordidus*) disminuye al aumentar la dosis de *Beauveria bassiana* y *Metarhizium anisopliae* en su aplicación líquida.

Las aplicaciones de *Beauveria bassiana* y *Metarhizium anisopliae* reducen significativamente la incidencia y la severidad del daño causado por el picudo negro (*Cosmopolites sordidus*) en las plantaciones de plátano del distrito de Mala.

3.2. Definición Conceptual de Variables

3.2.1. Variable Independiente

Tipo de hongo y dosis volumétrica de *Beauveria bassiana* y *Metarhizium anisopliae*

La variable independiente está constituida por dos factores:

- Tipo de hongo: *Beauveria bassiana* y *Metarhizium anisopliae* son los dos hongos Entomopatógenos utilizados en el control del picudo negro (*Cosmopolites sordidus*).
- Se refiere a la cantidad de producto formulado BAUTAB y METAB aplicada en cada tratamiento experimental, expresada como volumen de producto por litro de solución de aplicación (mL/L). Para el estudio, la dosis volumétrica se estableció en tres niveles:
    - Dosis baja: 1,75 ml/L.
    - Dosis media: 2,5 ml/L.

- Dosis alta: 5 ml/L.

3.2.2. Variables Dependientes

- **Eficacia del control del Picudo Negro (*Cosmopolites sordidus*)**

Definición operacional:

La eficacia del control se mide a través del porcentaje de mortalidad de los insectos *Cosmopolites sordidus* después de la aplicación de los tratamientos con *Beauveria bassiana* y *Metarhizium anisopliae*. Este indicador refleja la efectividad de los tratamientos en el control de la plaga.

Cálculo: El porcentaje de mortalidad se calcula mediante la fórmula:

$$Porcentaje\ de\ mortalidad = \left(\frac{Número\ de\ insectos\ muertos}{Número\ total\ de\ insectos\ tratados}\right) x\ 100$$

Unidad de medida: Porcentaje de mortalidad.

Frecuencia de medición: Se realizó la medición entre el período de 7 a 14 días, hasta observar la máxima mortalidad.

- **Tiempo de respuesta al control**

Definición operacional:

El tiempo de respuesta al control se refiere al tiempo en horas o días que transcurre desde la aplicación de los tratamientos hasta la primera observación de efectos visibles en los insectos tratados. Estos efectos incluyeron la mortalidad y la presencia de signos de infección, tales como alteraciones en el comportamiento, inactividad, movimiento errático o cambios morfológicos como decoloración, deformación, etc.

Cálculo: El tiempo de respuesta fue registrada desde el momento de la aplicación del tratamiento hasta la observación de los primeros signos visibles de mortalidad o enfermedad en los insectos.

Unidad de medida: Tiempo en días.

Frecuencia de medición: Se registraron las observaciones cada forma diaria durante los primeros tres días posteriores a la aplicación, y posteriormente cada 48 horas días con la finalidad de determinar el primer signo de mortalidad o infección en los insectos.

- **Incidencia y severidad causado por *Cosmopolites sordidus***

Definición operacional (incidencia):

La incidencia del daño se midió como el porcentaje de plantas afectadas por *Cosmopolites sordidus* después de la aplicación de los tratamientos con *Beauveria bassiana* y

Metarhizium anisopliae. Este indicador permitió evaluar la propagación de la plaga en las plantas tratadas.

Cálculo: El porcentaje de incidencia fue calculado mediante la fórmula:

$$Incidencia\ (\%) = \left(\frac{Número\ de\ plantas\ afectadas}{Total\ de\ plantas\ evaluadas}\right) x\ 100$$

Unidad de medida: Porcentaje (%).

Frecuencia medición: Se realizó la medición semanalmente durante un período de 30 días, con el fin de evaluar cambios en la incidencia.

- **Severidad del daño**

Se describe qué tan afectadas están las plantas por el picudo negro. Para medirlo, se utilizó una escala simple del 0 al 4 considerando el impacto visible en el pseudotallo de la planta.

Cálculo: Se revisó cada planta y se asignó un puntaje según la escala de 0 a 4, y luego se calculó el valor del índice de severidad (IS) mediante la expresión propuesta por Orjeda (1998).

$$IS(\%) = \frac{\sum(n_i \times v_i)}{N \times V_{max}} \times 100$$

Donde: n_i= número de unidades (plantas o cormos) en cada categoría de daño, v_i= valor numérico de la categoría (grado de daño), N= número total de unidades evaluadas y V_{max}= valor máximo de la escala utilizada.

El resultado, indica el nivel de daño que sufrieron las plantas en cada tratamiento.

Unidad de medida: Escala de severidad (0-4) propuesta por Orjeda (1998).

Tabla 1

Índice de severidad de daño

Categoría	Grado de daño	Descripción
Sin daño	0 0%	El cormo no presenta galerías ni evidencias de daño causado por larvas de *Cosmopolites sordidus*. Los tejidos se encuentran íntegros y funcionales, con una afectación del 0% del área evaluada
Leve	1 10%	El cormo presenta entre 1 y 5 galerías superficiales, con una profundidad no mayor a 1 cm, localizadas principalmente en la periferia. El área afectada oscila entre 1% y 10%, sin

			compromiso significativo de los tejidos internos ni de la funcionalidad estructural.
Moderado	2	20%	Se observan entre 6 y 15 galerías, con penetración hacia la zona cortical (1 a 2 cm de profundidad). El daño afecta entre el 11% y 25% del área del cormo, evidenciando un deterioro parcial que puede comenzar a influir en el vigor de la planta.
Severo	3	30%	El cormo presenta entre 16 y 30 galerías, con penetración mayor a 2 cm y afectación de tejidos internos. El área dañada se sitúa entre 26% y 50%, comprometiendo significativamente la estructura y funcionalidad del cormo, lo que puede reflejarse en síntomas visibles en la planta.
Muy severo	4	40%	Se registran más de 30 galerías, profundas e interconectadas, que afectan más del 50% del cormo. El tejido se encuentra ampliamente deteriorado, con pérdida de la integridad estructural y funcional, lo que puede conducir al colapso o muerte de la planta.

- **Frecuencia de medición.** Se evaluó cada 7 días durante un mes (30 días) para observar cómo evoluciona la afectación.

3.3. Operacionalización de Variables

La operacionalización de variables traduce los conceptos teóricos en elementos observables, medibles y analizables estadísticamente (tabla 2). Evalúa el control del picudo negro (*Cosmopolites sordidus*) mediante la aplicación de los hongos entomopatógenos *Beauveria bassiana y Metarhizium anisopliae*.

La variable independiente corresponde a la aplicación de los entomopatógenos, la cual se operacionaliza a través de diferentes dosis volumétricas de BAUTAB (*Beauveria bassiana)* y METAB *(Metarhizium anisopliae)*, incluyendo aplicaciones individuales y combinadas, así como un tratamiento testigo. Por otro lado, la variable dependiente está representada por el nivel de control de *Cosmopolites sordidus*, el cual se aborda desde un enfoque

multidimensional que incluye la eficacia de control (medida a través de la población de adultos y larvas vivas), el tiempo de respuesta biológica (expresado en días hasta la aparición de signos de infección o mortalidad), y la incidencia y severidad del daño en la planta. Estos indicadores permiten evaluar de manera conjunta el impacto de los tratamientos aplicados sobre la dinámica poblacional de la plaga y el nivel de daño causado en el cultivo.

Tabla 2

Operacionalización de variables

VARIABLES	DIMENSIONES	INDICADORES	ÍNDICE
Variable independiente			
Aplicación de *Beauveria bassiana y Metarhizium anisopliae*	Dosis volumétrica de *M. anisopliae* y *B. bassiana*	Dosis alta Dosis media Dosis baja	T1. 1.75 ml/L *Bb&Ma* T2. 2.5 ml/L *Bb&Ma* T3. 5 ml/L *Bb&Ma* T4. 1.75 ml/L *Ma* T5. 2.5 ml/L *Ma* T6. 5 ml/L *Ma* T7. 1.75 ml/L *Bb* T8. 2.5 ml/L *Bb* T9. 5 ml/L *Bb* T10. Testigo
Variable dependiente			
Control de *Cosmopolites sordidus*	Eficacia de control	• Porcentaje de eficiencia de control • Porcentaje de mortalidad de *Cosmopolites sordidus*	• %
	Tiempo de respuesta hasta la aparición de signos de mortalidad o infección	Horas o días hasta la primera observación de mortalidad o signos visibles, letargo, movimiento erráticos decoloración.	• Días desde aplicación
	Incidencia y severidad del daño causado por el picudo negro (*Cosmopolites sordidus)*	• Porcentaje de incidencia • Índice de severidad de daño (%)	• %

Nota: *Bb&Ma = Beauveria bassiana + Metarhizium anisopliae; Ma = Metarhizium anisopliae; Bb= Beauveria bassiana*

IV. DISEÑO METODOLÓGICO

4.1. Tipo de Investigación

La investigación se define, en cuanto al alcance de sus objetivos, como experimental puro, debido a que se manipuló la variable independiente (dosis volumétrica de esporas de *Beauveria bassiana* y *Metarhizium anisopliae*) para medir su efecto sobre las variables dependientes, específicamente la eficacia del control del picudo negro (*Cosmopolites sordidus*) y el tiempo de respuesta al tratamiento. Al respecto, Hernández et al. (2014), citando a Campbell y Stanley (1966), así como a Wiersma y Jurs (2008), señalan que la investigación experimental pura se caracteriza por la manipulación deliberada de una o más variables independientes mediante la aplicación de tratamientos, estímulos o intervenciones, con la finalidad de analizar sus efectos sobre una o más variables dependientes bajo condiciones controladas. Una característica fundamental de este tipo de investigación es la asignación aleatoria de los sujetos a dos o más grupos de comparación o repetición, procedimiento que permite controlar la influencia de variables extrañas y, en consecuencia, fortalecer la validez interna del estudio. Asimismo, esta modalidad experimental posibilita establecer con mayor rigor la relación causal entre las variables, al comparar los efectos producidos por el tratamiento aplicado en condiciones previamente controladas.

Respecto al estudio de las variables, el enfoque fue cuantitativo, dado que las variables dependientes (porcentaje de mortalidad de los insectos y tiempo de respuesta) son tangibles y se obtuvieron mediante mediciones en unidades del sistema internacional, empleando herramientas estadísticas para determinar su comportamiento. Por su finalidad, el estudio fue de tipo aplicativo, ya que busca proporcionar una solución directa al control del picudo negro en cultivos agrícolas para reducir la dependencia de agroquímicos, mientras que, en un plano secundario, pretende generar aportes teóricos sobre el uso de hongos entomopatógenos como agentes de control biológico.

4.2. Diseño de Investigación

El diseño de la investigación es experimental, ya que busca evaluar el efecto de diferentes tratamientos tipo de hongo y dosis volumétrica de *Beauveria bassiana* y *Metarhizium anisopliae* en la eficacia del control del picudo negro (*Cosmopolites sordidus*). Este diseño es adecuado para investigar relaciones de causa y efecto, permitiendo determinar si

las variables independientes tienen un impacto significativo en las variables dependientes de mortalidad del insecto y tiempo de respuesta al tratamiento.

El diseño de investigación fue de post test con grupo control esquematizado según Hernández et. al (2014) como:

RUE1 X O1

RUE2 – O2

Donde R es el procedimiento de la asignación aleatoria a las unidades experimentales (UEi), X representa la aplicación del tratamiento, Oi es la observación correspondiente de la variable dependiente después de la aplicación del tratamiento, - representa ausencia de tratamiento.

4.2.1. Diseño Experimental

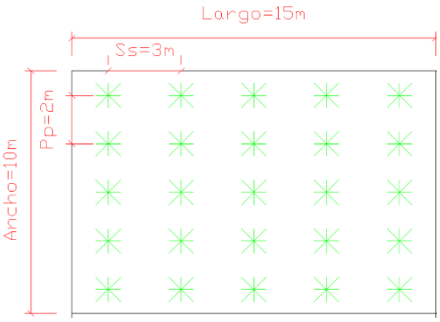
El experimento se llevó a cabo utilizando el Diseño Completamente al Azar (DCA), diseñado específicamente para evaluar el efecto de diferentes dosis volumétricas de hongos entomopatógenos sobre el picudo negro (*Cosmopolites sordidus*) en plantaciones de plátano. Este diseño es adecuado para condiciones homogéneas donde las unidades experimentales son similares, lo que garantiza resultados confiables (Hernández et al., 2014). En el experimento se incorporaron 10 tratamientos incluido el tratamiento testigo, cada uno con 6 repeticiones, por tanto, se condujo 60 unidades experimentales a las cuales se asignaron de manera aleatoria los tratamientos como se muestra en la figura 2.

Figura 2

Disposición de los tratamientos en las unidades experimentales

UE1 (T4)	UE2 (T1)	UE3 (T5)	UE4 (T2)	UE5 (T6)	UE6 (T3)
UE7 (T7)	UE8 (T4)	UE9 (T10)	UE10 (T1)	UE11 (T8)	UE12 (T9)
UE13 (T6)	UE14 (T9)	UE15 (T7)	UE16 (T4)	UE17 (T3)	UE18 (T2)
UE19 (T10)	UE20 (T7)	UE21 (T6)	UE22 (T8)	UE23 (T1)	UE24 (T5)
UE25 (T3)	UE26 (T9)	UE27 (T4)	UE28 (T7)	UE29 (T6)	UE30 (T8)
UE31 (T10)	UE32 (T5)	UE33 (T8)	UE34 (T3)	UE35 (T2)	UE36 (T7)
UE37 (T2)	UE38 (T8)	UE39 (T5)	UE40 (T9)	UE41 (T4)	UE42 (T5)
UE43 (T10)	UE44 (T3)	UE45 (T1)	UE46 (T6)	UE47 (T2)	UE48 (T10)
UE49 (T1)	UE50 (T9)	UE51 (T4)	UE52 (T9)	UE53 (T8)	UE54 (T10)
UE55 (T5)	UE56 (T3)	UE57 (T2)	UE58 (T7)	UE59 (T1)	UE60 (T6)

Disposición de las unidades elementales en las unidades experimentales (UEi)



Leyenda:
Ss: distancia entre surco: 3m
Pp: distancia entre planta: 2m
*: Unidades elementales (plantas de plátano)

Nota: T1. 1.75 ml/L Bb&Ma, T2. 2.5 ml/L Bb&Ma, T3. 5 ml/L Bb&Ma, T4. 1.75 ml/L Ma, T5. 2.5 ml/L Ma, T6. 5 ml/L Ma, T7. 1.75 ml/L Bb, T8. 2.5 ml/L Bb, T9. 5 ml/L Bb y T10. Testigo.

El Diseño Completamente Aleatorio (DCA) es un diseño experimental en el cual los tratamientos se asignan de manera aleatoria a las unidades experimentales sin considerar ningún tipo de agrupamiento o bloqueo (Spiegel & Stephens, 2017). En este tipo de diseño, se busca evaluar los efectos de diferentes tratamientos sobre una o más variables de respuesta. El modelo aditivo lineal correspondiente para este diseño es el siguiente:

$$Yij = \mu + Ti + Eij$$

Donde:

- **Yij**: Es la observación de la variable dependiente, realizada en la unidad experimental correspondiente a la repetición i-ésima dentro del tratamiento j-ésimo.
- **μ**: Es la media general o constante, que representa la media de todas las observaciones, independientemente de los tratamientos.

- **Ti**: Es el efecto correspondiente al tratamiento j-ésimo.
- **Eij**: Es el error aleatorio asociado a la observación de la i-ésima unidad experimental bajo la acción del j-ésimo tratamiento.

4.2.2. Diseño del Campo Experimental

El campo experimental se diseñó con las siguientes características:

- Número de unidades experimentales: 60
- Distancia entre surcos:3 m
- Longitud de surcos: 10 m
- Distancia entre plantas: 2 m
- Número de surcos/unidad experimental: 5
- Número de plantas por surcos: 5
- Número de plantas/unidad experimental total: 25
- Área/unidad experimental: 150 m^2 (10 x 15)
- Número de calles entre unidades experimentales 45 (5 x 9)
- Área total de evaluación: 9000 m^2 (150 m^2 x 60)

La distribución de los tratamientos en las unidades experimentales fue como se muestra en la figura 2, en el cual se cumplen las tres condiciones de los diseños experimentales: aleatorización, repetitividad y control local.

4.3. Método de Investigación

La presente investigación se desarrolló bajo el método científico de nivel experimental, ya que se evaluó el efecto de los tratamientos (dosis volumétrica de *Beauveria bassiana y Metarhizium anisopliae*) sobre la variable dependiente control de *Cosmopolites sordidus*, a través de sus dimensiones: eficacia de control, tiempo de respuesta hasta la aparición de signos de mortalidad o infección e incidencia y severidad del daño causado por el picudo negro (*Cosmopolites sordidus)*. Este enfoque permitió establecer relaciones de causa y efecto entre los tratamientos aplicados y las respuestas observadas en el insecto, bajo condiciones controlada de campo.

4.4. Población y Muestra

4.4.1. Población

La población estuvo constituida por plantas de plátano (*Musa paradisiaca*), en un número de 1500 unidades distribuidos en 60 unidades experimentales (9000 m^2) en condiciones homogéneas de manejo agronómico. La población incluyó plantas con características similares de edad, vigor y manejo el cual garantizó la uniformidad experimental para la validez de los resultados.

Asimismo, el uso de 60 unidades experimentales proporciona un número adecuado de grados de libertad para el análisis estadístico (ANOVA), incrementando la potencia estadística del experimento y permitiendo detectar diferencias significativas entre tratamientos (Spiegel & Stephens, 2017).

4.4.2. Muestra

La muestra estuvo constituida por 15 plantas por cada unidad experimental, ubicadas en los surcos centrales, con la finalidad de reducir el efecto de borde y mejorar la precisión de las mediciones. Por tanto, el tamaño de la muestra fue de 900 plantas.

El tamaño de la muestra (15 plantas por UE) se sustenta en criterios metodológicos ampliamente aceptados en experimentación agrícola, donde se recomienda evaluar entre el 30% y 50% de las unidades dentro de cada parcela experimental para lograr estimaciones confiables sin incurrir en costos excesivos ni redundancia de información (Spiegel & Stephens, 2017). En este caso, la evaluación de 15 plantas representó el 60% del total por unidad experimental, proporción que garantiza representatividad y precisión en la estimación de los efectos de los tratamientos.

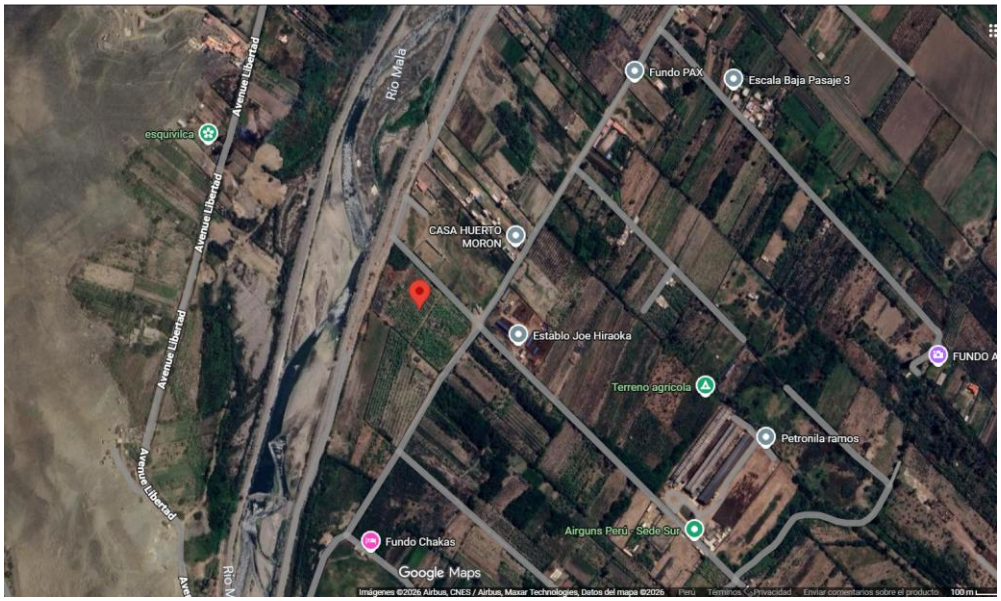
4.5. Lugar de Estudio

La investigación se llevó a cabo en el distrito de Mala específicamente en la Huaca, ubicado en la costa central del Perú, en el valle de Cañete. Según la figura 3, geográficamente, el área experimental se localiza en las coordenadas 12°39'27.1" de latitud Sur y 76°38'52.8" de longitud Oeste, correspondientes al sistema de referencia UTM zona 18 Sur, con coordenadas aproximadas de 321,100 m Este y 8,601,000 m Norte y una altitud de 17 msnm. El área de estudio se caracteriza por presentar un clima típico de la región costera (cálido-seco), con temperaturas medias anuales entre 18 °C y 26 °C, baja precipitación y alta radiación solar,

condiciones que favorecen el desarrollo del cultivo de plátano, así como la presencia y dinámica poblacional del picudo negro (*Cosmopolites sordidus*).

Figura 3

Ubicación del experimento



Nota: https://www.google.com/maps

4.6. Procedimiento de Investigación

4.6.1. Selección de Terreno Agrícola

La zona de estudio presenta una topografía plana, lo que favorece la adecuada distribución de las unidades experimentales y reduce la variabilidad asociada al relieve. El suelo posee una textura franco arenosa, característica que facilita el drenaje y las labores de manejo agronómico.

Previo a la instalación del experimento, se realizó una preparación uniforme del terreno, con el propósito de garantizar una distribución homogénea de las unidades experimentales correspondientes a cada tratamiento. Asimismo, las plantas fueron seleccionadas en un estado fenológico susceptible al ataque del picudo negro (*Cosmopolites sordidus*), asegurando condiciones iniciales de infestación relativamente uniformes, lo cual permitió una evaluación más precisa y confiable de los efectos de los tratamientos aplicados.

4.6.2. Preparación de las Soluciones de Beauveria Bassiana y Metarhizium Anisopliae

Preparación de los tratamientos: Para la aplicación de los tratamientos, se prepararon suspensiones acuosas de los hongos entomopatógenos *Beauveria bassiana, Metarhizium*

anisopliae y la interacción de ambos, a partir de formulaciones comerciales se estandarizó las dosis volumétricas en unidades de volumen por litro (ml/L) con el fin de garantizar comparabilidad y precisión experimental. Se establecieron tres niveles de dosis:

- Baja: 1.75 ml/L (equivalente a 35 ml en 20 L de agua)
- Media: 2.50 ml/L (equivalente a 50 ml en 20 L de agua)
- Alta: 5.00 ml/L (equivalente a 100 ml en 20 L de agua)

Luego los tratamientos estandarizados en mililitros por litro (ml/L) fueron:

- T1. 1.75 ml/L *Beauveria bassiana* + *Metarhizium anisopliae*
- T2. 2.5 ml/L *Beauveria bassiana* + *Metarhizium anisopliae*
- T3. 5 ml/L *Beauveria bassiana* + *Metarhizium anisopliae*
- T4. 1.75 ml/L *Metarhizium anisopliae*
- T5. 2.5 ml/L *Metarhizium anisopliae*
- T6. 5 ml/L *Metarhizium anisopliae*
- T7. 1.75 ml/L *Beauveria bassiana*
- T8. 2.5 ml/L *Beauveria bassiana*
- T9. 5 ml/L *Beauveria bassiana*
- T10. Testigo

Cada formulación comercial fue previamente homogenizada mediante agitación manual, siguiendo las recomendaciones técnicas, a fin de asegurar la adecuada dispersión de los ingredientes activos en el solvente. Posteriormente, se efectuó la dilución en agua limpia bajo condiciones controladas, manteniendo volúmenes constantes para obtener soluciones homogéneas y estables. Al respecto Knowles (2008) dice que la correcta preparación de las mezclas influye directamente en la biodisponibilidad del compuesto y en su eficacia biológica frente a la plaga objetivo, además, que las formulaciones de plaguicidas están diseñadas para optimizar la eficacia del ingrediente activo mediante la incorporación de coadyuvantes que mejoran su solubilidad, estabilidad y adherencia sobre las superficies vegetales.

Infestación inicial con el picudo negro: La infestación inicial con el picudo negro (*Cosmopolites sordidus*) se realizó de manera controlada, siguiendo el procedimiento propuesto por Gold et al. (2001), con el propósito de garantizar una presencia homogénea de la plaga en todas las unidades experimentales. Para ello, se seleccionaron individuos adultos sanos y activos, recolectados previamente en campo y acondicionados en laboratorio durante un periodo de 24 horas sin suministro de alimento, con la finalidad de estandarizar su estado fisiológico y estimular su actividad de búsqueda de alimento y colonización.

Luego, en cada unidad experimental se introdujeron cinco individuos adultos por planta, los cuales fueron colocados manualmente en la base del pseudotallo, específicamente en la zona del cormo, debido a que esta constituye el principal sitio de refugio, alimentación y oviposición de la especie. Con el fin de asegurar el establecimiento de los insectos y evitar su dispersión, cada planta fue cubierta con mallas entomológicas con abertura de 1 mm durante un periodo de 48 horas. Durante este tiempo, se registraron condiciones ambientales promedio de 25 ± 2 °C de temperatura y una humedad relativa entre 70 % y 80 %, rangos que favorecen la actividad biológica del insecto. Transcurrido el periodo de confinamiento, se retiraron las mallas, permitiendo el desarrollo normal de la infestación en las unidades experimentales.

La validación de la infestación se realizó a las 72 horas posteriores a la liberación de los insectos, mediante la observación directa de indicadores como la presencia de galerías en el tejido del cormo, daño tisular y acumulación de excretas, considerándose únicamente aquellas unidades experimentales que evidenciaron actividad del insecto. Según Gold et al. (2001) los adultos de *Cosmopolites sordidus* representan el estadio más adecuado para la infestación experimental, dado que son responsables de la colonización del hospedero y presentan mayor capacidad de desplazamiento y selección de sitios de oviposición, lo que permite reproducir condiciones similares a las de campo. Asimismo, Vega et al. (2009) manifiesta que el confinamiento temporal mediante mallas entomológicas garantiza el establecimiento inicial del insecto y evita pérdidas por dispersión, en tanto que las condiciones ambientales influyen en la actividad, supervivencia y comportamiento del picudo negro y la estandarización del número de individuos por planta reduce la variabilidad experimental y permite establecer relaciones confiables entre los tratamientos aplicados y la respuesta de la plaga.

Aplicación de los tratamientos: se realizó de manera controlada y uniforme en cada unidad experimental, asignando los tratamientos (*Beauveria bassiana*, *Metarhizium anisopliae* o su combinación) y las dosis volumétricas previamente establecidas (1.75 mL/L, 2.50 mL/L y 5.00 mL/L) de acuerdo a la figura 2. Para la aplicación se utilizó pulverizador de presión manual tipo mochila con capacidad de 20 L, previamente calibrado entre 200 a 250 mL por planta para garantizar el volumen de descarga uniforme evitando la subdosificación y el escurrimiento del producto.

La aplicación se dirigió principalmente a la base del pseudotallo y la zona del cormo, por ser los sitios de mayor actividad del picudo negro (*Cosmopolites sordidus*), durante la aplicación, las soluciones se agitaron constantemente para evitar la sedimentación de los conidios y garantizar una distribución uniforme del inóculo. Las aplicaciones se realizaron

entre las 06:00–09:00 h (horario de baja radiación solar). El procedimiento de la aplicación de los tratamientos siguió la propuesta de Ortiz-Urquiza & Keyhani (2013) quienes indican la germinación de los conidios de *Beauveria bassiana* y *Metarhizium anisopliae* en la cutícula del insecto se realiza en condiciones de baja radiación solar y presencia de 80% de humedad relativa.

Después de la aplicación de los tratamientos, se realizaron evaluaciones del intervalo entre la aplicación y la manifestación de los primeros efectos visibles en los insectos. Para ello, se realizaron observaciones directas y conteos manuales utilizando formatos de registro de campo (Anexo 3) y cronómetro digital, registrando variables como disminución de la movilidad, letargo y mortalidad. Las evaluaciones se efectuaron de forma diaria durante los primeros tres días posteriores a la aplicación y, posteriormente cada 48 horas, cuantificando el número de individuos afectados y registrando el momento exacto de la aparición de signos visibles de infección o mortalidad, cuantificando el número de individuos muertos por unidad experimental. Este enfoque metodológico fue fundamentado mediante Vega et al (2009) quien menciona que la acción de los hongos entomopatógenos no es inmediata, sino progresiva, comprende las etapas de adhesión, germinación, penetración y colonización interna del hospedero, lo cual puede tomar varios días antes de evidenciar mortalidad.

4.7. Técnicas e Instrumentos para la Recolección de Datos

La recolección de datos se desarrolló bajo un enfoque cuantitativo experimental, utilizando la técnica de observación directa sistemática y de acuerdo con los indicadores de la tabla 2.

Porcentaje de eficacia de control: para determinar el porcentaje de la eficacia de control previamente se ha calculado el porcentaje de mortandad de la población adulta *C. sordidus,* luego se aplicó la formula propuesta por Schneider Orelli's citado en Barrera et al. (2014):

$$\%EC = (\frac{\%\text{MUEtr} - \%\text{MUEte}}{100 - \%MUEte})100$$

donde %MUEtr es el porcentaje de mortalidad en la unidad experimental donde se aplicó el tratamiento, %MUEte es el porcentaje de mortalidad en la unidad experimental testigo.

Porcentaje de mortalidad de *Cosmopolites sordidus:* la medición de la población adulta se realizó mediante conteo directo en campo, inspeccionando la base del pseudotallo y las trampas tipo sándwich previamente instaladas. Se utilizó como instrumento una ficha de

registro estructurada (anexo 3), en la cual se consignó el número de individuos vivos por unidad experimental. Se consideró como individuo vivo aquel que presentó movimiento activo o respuesta al estímulo mecánico.

Para el procedimiento se siguió la propuesta de Vega et al. (2009) quienes mencionan que el conteo directo es una técnica estándar para estimar densidad poblacional de insectos en estudios de campo y permite evaluar el cambio en la abundancia por efecto de la aplicación de tratamientos. El conteo se ejecutó en intervalos de 24 horas durante los primeros tres días después de la aplicación, seguido de evaluaciones semanales, para ello se emplearon pinzas entomológicas, guantes de nitrilo y bandejas plásticas de inspección.

Luego se aplicó la fórmula corregida de Abbott que permite calcular el porcentaje de mortalidad tras eliminar el efecto de la mortalidad natural, evitando sobreestimar la eficacia del tratamiento:

$$Mortalidad\ \% = (\frac{Vtgo - Vtr}{Vto})x100$$

Donde Vtr es el número de adultos vivos en las unidades experimentales con tratamiento, Vtgo es el número de adultos vivos en las unidades experimentales testigo

Tiempo de respuesta hasta la aparición de signos de mortalidad o infección: el procedimiento adoptado se sustenta en que los hongos entomopatógenos presentan un mecanismo de acción progresivo que incluye adhesión, germinación, penetración y colonización del insecto, lo que explica el desfase temporal entre aplicación y mortalidad (Ortiz-Urquiza & Keyhani, 2013).

Para evaluar la variable tiempo de respuesta se evalúo mediante el indicador de horas o días hasta la primera observación de mortalidad o signos visibles donde el tiempo de respuesta se determinó mediante registro cronológico permanente, se contabilizó el número de días transcurridos desde la aplicación del tratamiento hasta la aparición de los primeros signos de infección, tales como:

- Movimientos erráticos
- Letargo
- Reducción de la actividad
- Decoloración del exoesqueleto
- Presencia de micelio

Las observaciones se realizaron cada 12 horas durante los primeros tres días, y posteriormente cada 48 horas.

Incidencia y severidad del daño: la variable se evaluó mediante el porcentaje de incidencia que se determinó como el porcentaje de plantas infestadas respecto al total evaluado. Para ello, se realizó una inspección visual de cada unidad experimental, registrando la presencia o ausencia del insecto o sus daños característicos.

Se empleó la fórmula:

$$Incidencia(\%) = \frac{\text{Número de plantas infestadas}}{\text{Total de plantas evaluadas}} \times 100$$

La evaluación se realizó cada semana utilizando la ficha de evaluación.

Por otro lado, la severidad de daño (grado de daño) en el pseudotallo se evaluó mediante la escala ordinal de severidad de 0 a 4 propuesto por Orjeda (1998) (tabla 1), luego se calculó el valor del índice de severidad (IS) mediante la expresión:

$$IS(\%) = \frac{\sum(n_i \times v_i)}{N \times V_{max}} \times 100$$

Donde: n_i= número de unidades (plantas o cormos) en cada categoría de daño, v_i= valor numérico de la categoría (grado de daño), N= número total de unidades evaluadas y V_{max}= valor máximo de la escala utilizada.

4.8. Análisis y Procesamiento de Datos

Los datos recolectados fueron organizados y tabulados mediante el software Excel, luego fueron procesados mediante el software estadístico *IBM SPSS Statistics*. Este procedimiento permitió estructurar adecuadamente las variables dependientes (población adulta, población larval, tiempo de respuesta, incidencia y severidad del daño) en función de los tratamientos evaluados bajo un DCA.

Antes del análisis inferencial, se verificó el cumplimiento de los supuestos estadísticos fundamentales del modelo ANOVA, con el fin de garantizar la validez de los resultados. En primer lugar, se evaluó la normalidad de los datos mediante la prueba de Kolmorogov Sminrnov ($p > 0,05$) (tabla 3), adecuada para tamaños de muestra mayores a 50.

En segundo lugar, se verificó la homogeneidad de varianzas mediante la prueba de Levene ($p > 0,05$), la cual permite comprobar que la variabilidad entre los grupos experimentales es estadísticamente equivalente y utilizado cuando en el paso anterior los datos no siguen una distribución normal. Este supuesto es esencial para la correcta aplicación del ANOVA, ya que la heterocedasticidad puede afectar la confiabilidad de los resultados (Spiegel & Stephens, 2017).

Los resultados del análisis de los supuestos se muestran en la tabla 3, donde para la hipótesis de normalidad se observa que los datos para todas las variables estudiadas pertenecen a la estadística no paramétrica (Sig.<0.05).

Tabla 3

Prueba de normalidad y homogeneidad de varianzas

Variable	**Normalidad Kolmorogov Smirnov**		**Homogeneidad Levene**	
	Estadístico	**Sig.**	**Estadístico**	**Sig.**
Porcentaje de mortalidad de *Cosmopolites sordidus*	0.178	0.000	8.573	0.000
Eficiencia de control de *Cosmopolites sordidus*	0.169	0.000	1.808	0.101
Tiempo de respuesta hasta la aparición de signos de mortalidad o infección	0.272	0.000	1.627	0.144
% de incidencia	0.133	0.010	2.596	0.015
% de severidad de daño	0.138	0.006	1.360	0.240

Nota: los resultados son el resumen del análisis de normalidad y homogeneidad de varianzas (anexo 5)

Respecto a la hipótesis de homogeneidad de varianzas, se observa que las variables eficiencia de control de *C. sordidus*, tiempo de respuesta hasta la muerte y porcentaje de severidad de daño tienen varianzas homogéneas (Sig.>0.05), mientras que en las variables porcentaje de mortalidad de *C. sordidus* y porcentaje de incidencia tienen varianzas heterogéneas (Sig.<0.05)

Debido a que los datos de las variables de la tabla 3 no cumplieron con el supuesto de la normalidad (Sig.<0.05), el análisis de la prueba de hipótesis para las medias se realizó con el estadístico de Kruskall Wallis en el campo de la estadística no paramétrica.

El contraste de hipótesis se planteó de la siguiente manera:

- H_0: $\mu_1 = \mu_2 = \ldots = \mu_{10}$ (No existen diferencias significativas entre los tratamientos)
- H_1: $\mu_1 \neq \mu_2 \neq \ldots \neq \mu_{10}$ (Al menos un tratamiento difiere significativamente de los demás)

La decisión estadística se tomó considerando un nivel de significancia de $\alpha = 0.05$, rechazando la hipótesis nula cuando Sig. < 0.05.

Cuando en el paso del análisis de Kruskall Wallis se encontró diferencias significativas, se aplicó la prueba de comparaciones de promedios múltiples mediante el estadístico de Dunn, lo cual permitió determinar específicamente entre qué tratamientos se presentaron diferencias significativas.

Los resultados fueron presentados en dos partes: una que muestra las estadísticas descriptivas mediante el uso de las medidas de tendencia central y dispersión y otra que muestra los resultados inferenciales, de acuerdo al orden establecido en los objetivos e hipótesis de investigación respectivamente.

V. RESULTADOS

5.1. Resultados Descriptivos

Los resultados correspondientes al análisis de los estadísticos descriptivos, permiten describir el comportamiento de las variables evaluadas en función de los tratamientos aplicados. Este análisis se orienta al cumplimiento de los objetivos específicos del estudio, relacionados con la evaluación de la eficacia de control del picudo negro (*Cosmopolites sordidus*), la medición del tiempo de respuesta ante la aplicación de *Beauveria bassiana* y *Metarhizium anisopliae*, y el análisis de la incidencia y severidad del daño ocasionado.

5.2. Eficacia de Control del Picudo Negro (*Cosmopolites Sordidus*)

La tabla 4 presenta los resultados del porcentaje de mortalidad y la eficacia de control de *Cosmopolites sordidus* para cada uno de los tratamientos evaluados, incluyendo el número de repeticiones (N), la media, la desviación estándar, los intervalos de confianza al 95%, así como los valores mínimo y máximo, lo que permite describir el comportamiento promedio y la variabilidad de los datos según los tratamientos aplicados.

Tabla 4

Estadísticos descriptivos del porcentaje de mortalidad y porcentaje de eficacia de control de C. sordidus, según tratamientos

Variable	tratamientos	N	Media %	Desviación estándar	95% del intervalo de confianza para la media		Mínimo	Máximo
					Límite inferior	Límite superior		
Porcentaje de mortalidad	T1. 1.75 ml/L Bb&Ma	6	55,36	1,955	53,300	57,407	53,57	57,14
	T2. 2.5 ml/L Bb&Ma	6	50,60	2,687	47,770	53,415	46,43	53,57
	T3. 5 ml/L Bb&Ma	6	69,65	1,955	67,590	71,697	67,86	71,43
	T4. 1.75 ml/L Ma	6	89,29	,000	89,290	89,290	89,29	89,29
	T5. 2.5 ml/L Ma	6	85,12	1,458	83,580	86,644	82,14	85,71
	T6. 5 ml/L Ma	6	79,16	1,458	77,630	80,694	78,57	82,14
	T7. 1.75 ml/L Bb	6	70,24	1,844	68,305	72,175	67,86	71,43
	T8. 2.5 ml/L Bb	6	76,79	1,955	74,733	78,837	75,00	78,57
	T9. 5 ml/L Bb	6	88,10	1,849	86,157	90,037	85,71	89,29

	T10. Testigo	6	25,00	8,448	16,134	33,866	14,29	35,71
	Total	60	68,93	19,521	63,886	73,971	14,29	89,29
Eficiencia	T1. 1.75 ml/L Bb&Ma	6	30,43	1,961	28,372	32,488	28,64	32,22
de control	T2. 2.5 ml/L Bb&Ma	6	25,66	2,695	22,828	28,485	21,48	28,64
	T3. 5 ml/L Bb&Ma	6	44,75	1,961	42,692	46,808	42,96	46,54
	T4. 1.75 ml/L Ma	6	64,45	,000	64,450	64,450	64,45	64,45
	T5. 2.5 ml/L Ma	6	60,27	1,462	58,739	61,807	57,29	60,87
	T6. 5 ml/L Ma	6	54,31	1,462	52,773	55,840	53,71	57,29
	T7. 1.75 ml/L Bb	6	45,35	1,849	43,407	47,287	42,96	46,54
	T8. 2.5 ml/L Bb	6	51,92	1,961	49,862	53,978	50,13	53,71
	T9. 5 ml/L Bb	6	63,26	1,849	61,317	65,197	60,87	64,45
	T10. Testigo	6	3,58	4,528	-1,172	8,332	,00	10,74
	Total	60	44,40	18,649	39,579	49,215	,00	64,45

Nota: Bb&Ma: solución de *Beauveria bassiana* mas *Metarhizium anisopliae*; Ma: solución de *Metarhizium anisopliae*; Bb: solución de *Beauveria bassiana*

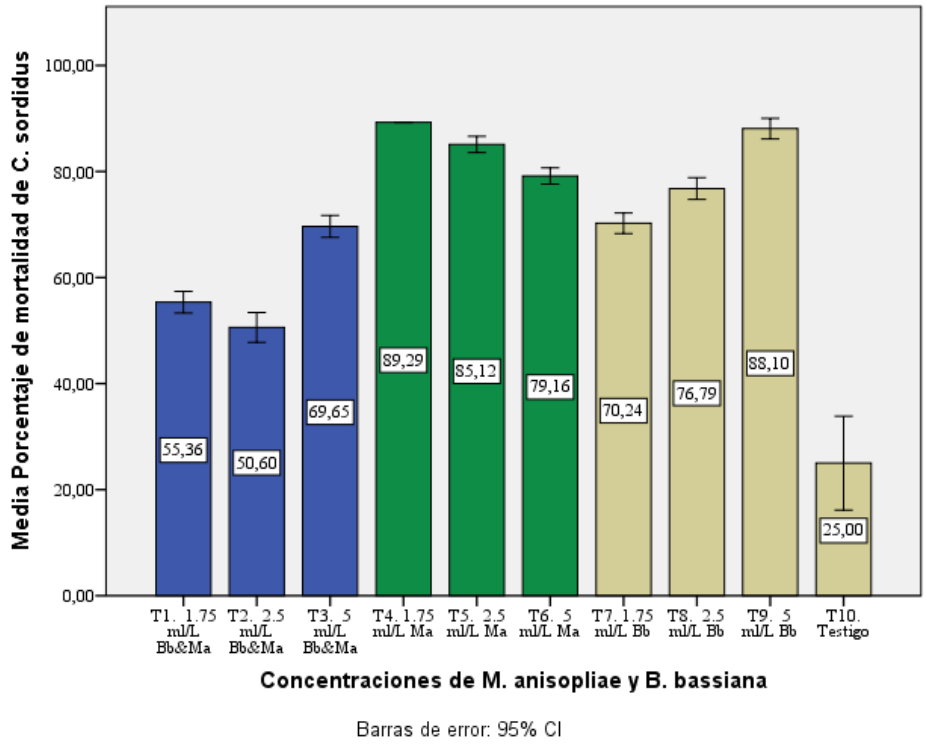
Porcentaje de mortalidad.

Al ver los resultados de la tabla 4, se nota claramente que el tratamiento T4, correspondiente a *Metarhizium anisopliae* a 1.75 ml/L, alcanzó el mayor porcentaje de mortalidad (89.29%) además que no hubo variación entre sus correspondientes repeticiones (σ=0), es decir que el efecto en dicho tratamiento fue totalmente uniforme. El tratamiento T9 (*Beauveria bassiana* a 5 ml/L), obtuvo una mortalidad de 88.10% y una variabilidad de 1.849, lo que indica un comportamiento bastante uniforme (CV=2.098%). Por otro lado, el tratamiento testigo presenta una mortalidad mucho menor (25.00%) y una alta variabilidad (σ=8,448), lo que indica que, sin la aplicación de los hongos, el comportamiento de la población de *C. sordidus* es más irregular y depende de factores naturales.

En el caso de *Metarhizium anisopliae*, según la figura 4, la mejor respuesta se logra con la dosis más baja (T6), lo que rompe la idea de que "más dosis siempre significa más efecto". Esto podría indicar que existe un punto óptimo de acción, y que dosis mayores no necesariamente mejoran la eficacia. En cambio, con *Beauveria bassiana* sí se observa una tendencia más clara: a mayor dosis, mayor mortalidad, lo que preliminarmente se puede apreciar una relación directa entre dosis y efecto.

Figura 4

Gráfico de barras del porcentaje de mortalidad de C. sordidus según tratamientos



Nota: Bb&Ma: solución de *Beauveria bassiana* mas *Metarhizium anisopliae*; Ma: solución de *Metarhizium anisopliae*; Bb: solución de *Beauveria bassiana*

Los resultados describen el comportamiento de *C. sordidus* luego de la aplicación de los tratamientos; por tanto, pueden deberse a que los hongos infectan al insecto a través de la cutícula, pero su eficacia depende de factores como la capacidad de germinación, la producción de enzimas y la adaptación al huésped. Por ejemplo, *Metarhizium anisopliae* es conocido por su alta efectividad en insectos del suelo, lo que podría explicar su buen desempeño incluso a bajas dosis.

Eficacia de control

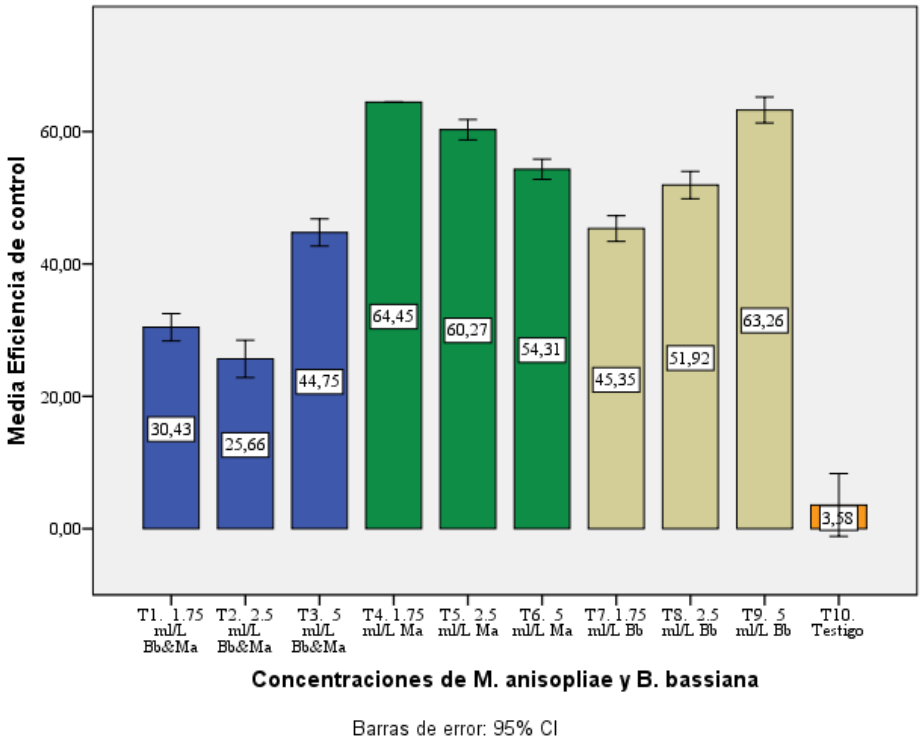
En cuanto a la eficiencia de control, la tabla 4, permite comparar los tratamientos no solo considerando cuántos insectos mueren, sino qué tan efectivos son los tratamientos en relación con el testigo.

Al observar los resultados, se repite el patrón observado en la mortalidad. El tratamiento T4 (*Metarhizium anisopliae* a 1.75 ml/L) muestra la mayor eficiencia de control (64.45%) y una variabilidad nula (σ=0), por tanto, se puede indicar de manera preliminar que el tratamiento T4 actúa de manera muy estable. En orden decreciente le siguen los tratamientos T9 (63,26%) y T5 (60,27%) con variabilidad de 1,849% y 1,462% respectivamente. El testigo, muestra una

eficiencia muy baja (3.58%) y una mayor dispersión en los datos (σ=4,528%), lo que refleja la falta de un efecto de control y la influencia de factores externos sobre la población de *C. sordidus*.

Figura 5

Gráfico de barras del porcentaje de eficiencia de control de C. sordidus según tratamientos



Nota: Bb&Ma: solución de *Beauveria bassiana* mas *Metarhizium anisopliae*; Ma: solución de *Metarhizium anisopliae*; Bb: solución de *Beauveria bassiana*.

En la figura 5, se aprecia la tendencia de la dosis de los tratamientos y su correspondiente respuesta de eficiencia de control, la dosis más baja con *Metarhizium anisopliae*, resulta ser la más eficiente, mientras que en *Beauveria bassiana* se observa que la eficiencia de control aumenta cuando se incrementa la dosis. Esto indica que cada hongo tiene un comportamiento distinto y que su uso debe ajustarse a sus características biológicas.

5.3. Tiempo de Respuesta hasta la Aparición de Signos de Mortalidad o Infección del Picudo Negro (*Cosmopolites sordidus*)

La tabla 5 muestra los estadísticos descriptivos del tiempo de respuesta, es decir, el número de días que transcurren hasta que se evidencian signos de mortalidad o infección en *Cosmopolites sordidus* bajo los distintos tratamientos evaluados. Su contenido permite observar el promedio (media), la variabilidad de los datos (desviación estándar), la precisión

de las estimaciones (intervalos de confianza al 95%) y el rango de valores (mínimos y máximos). Este conjunto de estadísticos describe el comportamiento de la variable frente a la aplicación de cada tratamiento, permitiendo entender no solo cuánto tardan en actuar, sino también qué tan consistente es ese tiempo entre las repeticiones.

Tabla 5

Estadísticos descriptivos del tiempo de respuesta hasta la aparición de signos de mortalidad o infección de C. sordidus, según tratamientos

Tratamientos	N	Media	Desviación estándar	95% del intervalo de confianza para la media		Mínimo	Máximo
				Límite inferior	Límite superior		
T1. 1.75 ml/L Bb&Ma	6	9,67	,817	8,810	10,523	9,00	11,00
T2. 2.5 ml/L Bb&Ma	6	8,33	,817	7,476	9,190	7,00	9,00
T3. 5 ml/L Bb&Ma	6	7,50	1,049	6,399	8,601	6,00	9,00
T4. 1.75 ml/L Ma	6	21,33	2,805	18,389	24,277	18,00	25,00
T5. 2.5 ml/L Ma	6	21,50	2,881	18,477	24,523	18,00	25,00
T6. 5 ml/L Ma	6	19,50	3,332	16,004	22,996	17,00	26,00
T7. 1.75 ml/L Bb	6	9,67	,816	8,810	10,523	9,00	11,00
T8. 2.5 ml/L Bb	6	8,00	,894	7,061	8,939	7,00	9,00
T9. 5 ml/L Bb	6	7,17	1,169	5,940	8,393	6,00	9,00
T10. Testigo	6	> 30,00	,000	30,000	30,000	30,00	30,00
Total	60	14,27	7,923	12,220	16,313	6,00	30,00

Nota: Bb&Ma: solución de *Beauveria bassiana* más *Metarhizium anisopliae*; Ma: solución de *Metarhizium anisopliae*; Bb: solución de *Beauveria bassiana*.

En la tabla 5 y figura 6, se observan una diferencia muy marcada entre los tratamientos. El tratamiento testigo (T10) presenta el mayor tiempo de respuesta (superior a 30 días) y sin variación alguna, lo que indica que, en ausencia de control, los insectos no muestran signos de afectación durante todo el periodo de evaluación. Este resultado establece un punto de referencia claro: sin intervención, la plaga mantiene su desarrollo (ciclo de vida) sin alteraciones visibles.

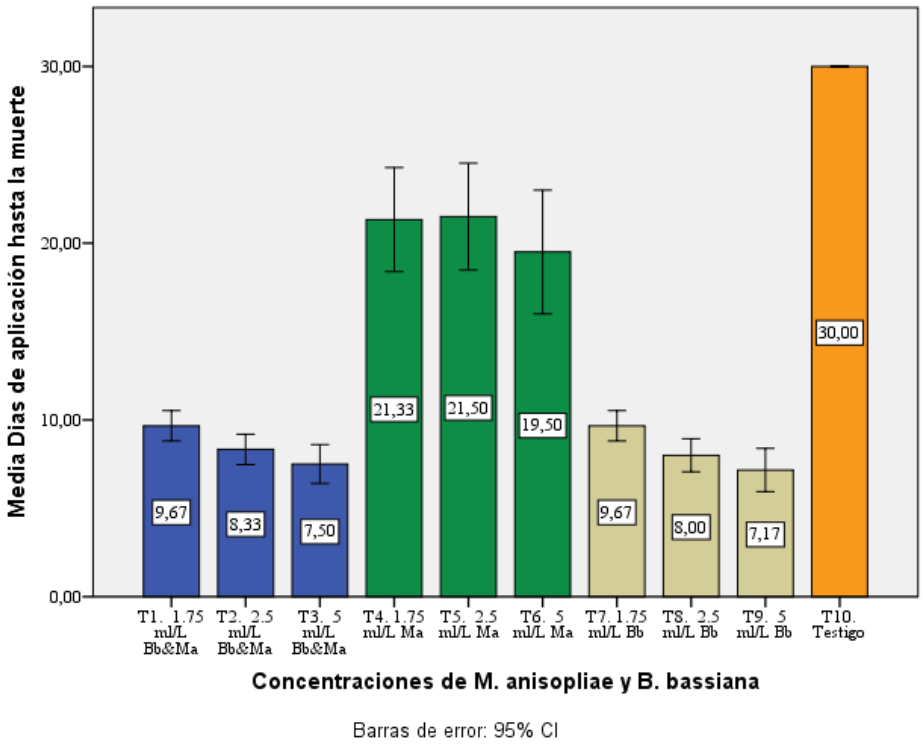
Por otro lado, los tratamientos que combinan *Beauveria bassiana y Metarhizium anisopliae* (T1, T2 y T3) muestran tiempos de respuesta considerablemente menores, con medias entre 7,50 y 9,67 días. Esto indica que la acción conjunta de ambos hongos permite una respuesta relativamente rápida, aunque con cierta variabilidad, especialmente en T3, donde la

desviación estándar es ligeramente mayor (σ=1,049). De manera similar, el conjunto de tratamientos con *Beauveria bassiana* sola (T7, T8 y T9) presentan tiempos de respuesta bajos, destacando T9 con la menor media (7,17 días), lo que indica una acción más rápida a mayor dosis.

Los tratamientos con *Metarhizium anisopliae* (T4, T5 y T6) presentan tiempos de respuesta notablemente más altos, con medias que oscilan entre 19,50 y 21,50 días. Esto indica que, aunque este hongo puede ser altamente efectivo en términos de mortalidad (como se observó en la tabla 4), su acción es más lenta en comparación con *Beauveria bassiana*. Esta diferencia en la velocidad de acción es un aspecto clave desde el punto de vista biológico, ya que no todos los agentes de control actúan con la misma rapidez.

Figura 6

Gráfico de barras del tiempo de respuesta hasta la aparición de signos de mortalidad o infección de C. sordidus, según tratamientos



Nota: Bb&Ma: solución de *Beauveria bassiana* más *Metarhizium anisopliae*; Ma: solución de *Metarhizium anisopliae*; Bb: solución de *Beauveria bassiana*.

En cuanto a los estadísticos de variabilidad, los tratamientos con tiempos de respuesta más bajos presentan una dispersión reducida, lo que indica una acción más consistente. Por ejemplo, los tratamientos T1 (1.75 ml/L Bb&Ma), T2 (2.5 ml/L Bb&Ma) y T7 (1.75 ml/L Bb) presentan desviaciones estándar muy similares y bajas (0,817; 0,817 y 0,816, respectivamente), lo que indica que el tiempo en que aparecen los signos de infección es bastante uniforme entre

las repeticiones de dichos tratamientos. De manera similar, T8 (2.5 ml/L Bb) también muestra una baja variabilidad (σ=0,894 días), reforzando esta tendencia en tratamientos con respuesta rápida.

Por otro lado, los tratamientos con tiempos de respuesta más prolongados tienden a mostrar una mayor dispersión en los datos. Este es el caso de T4 (1.75 ml/L Ma), T5 (2.5 ml/L Ma) y T6 (5 ml/L Ma), cuyas desviaciones estándar son más elevadas (2,805; 2,881 y 3,332, respectivamente). Esto indica que la aparición de los signos de infección no ocurre en un tiempo tan uniforme, sino que varía más entre individuos. El tratamiento testigo (T10) presenta una desviación estándar de 0,000, lo que refleja una ausencia total de variación; es decir la ausencia de efecto, ya que no se registró signos de infección durante el periodo evaluado (>30 días).

5.4. Incidencia y Severidad del Daño Causado por el Picudo Negro (*Cosmopolites Sordidus*)

La tabla 6 presenta el análisis descriptivo de las variables: el porcentaje de incidencia y el porcentaje de severidad del daño causado por el picudo negro (*Cosmopolites sordidus*) en el pseudotallo de plátano según los diferentes tratamientos aplicados. Para cada tratamiento se reporta el tamaño de muestra (N = 6), la media, la desviación estándar, el intervalo de confianza al 95% para la media, así como los valores mínimo y máximo observados.

Tabla 6

Estadísticos descriptivos del porcentaje de incidencia y severidad de daño del C. sordidus, según tratamientos

Tratamientos		N	Media	Desviación estándar	95% del intervalo de confianza para la media		Mínimo	Máximo
					Límite inferior	Límite superior		
Porcentaje de incidencia	T1. 1.75 ml/L Bb&Ma	6	45,56	2,723	42,701	48,416	40,00	46,67
	T2. 2.5 ml/L Bb&Ma	6	56,67	3,653	52,831	60,499	53,33	60,00
	T3. 5 ml/L Bb&Ma	6	50,00	10,111	39,389	60,611	40,00	66,67
	T4. 1.75 ml/L Ma	6	22,22	3,444	18,609	25,838	20,00	26,67
	T5. 2.5 ml/L Ma	6	45,56	2,723	42,701	48,416	40,00	46,67
	T6. 5 ml/L Ma	6	34,44	2,723	31,584	37,299	33,33	40,00
	T7. 1.75 ml/L Bb	6	66,67	4,215	62,245	71,092	60,00	73,33
	T8. 2.5 ml/L Bb	6	90,00	3,648	86,172	93,828	86,67	93,33

	T9. 5 ml/L Bb	6	67,78	2,719	64,927	70,633	66,67	73,33
	T10. Testigo	6	92,22	5,016	86,957	97,486	86,67	100,00
	Total	60	57,11	21,970	51,436	62,787	20,00	100,00
Porcentaje	T1. 1.75 ml/L Bb&Ma	6	35,56	9,471	25,618	45,496	23,33	41,67
de severidad	T2. 2.5 ml/L Bb&Ma	6	32,50	2,041	30,361	34,645	31,67	36,67
	T3. 5 ml/L Bb&Ma	6	26,67	,000	26,670	26,670	26,67	26,67
	T4. 1.75 ml/L Ma	6	51,66	2,582	48,954	54,373	48,33	53,33
	T5. 2.5 ml/L Ma	6	67,78	2,719	64,927	70,633	66,67	73,33
	T6. 5 ml/L Ma	6	36,11	2,723	33,254	38,969	35,00	41,67
	T7. 1.75 ml/L Bb	6	51,66	2,582	48,954	54,373	48,33	53,33
	T8. 2.5 ml/L Bb	6	40,00	2,583	37,291	42,713	35,00	41,67
	T9. 5 ml/L Bb	6	35,83	2,041	33,691	37,975	35,00	40,00
	T10. Testigo	6	50,56	5,342	44,950	56,163	45,00	56,67
	Total	60	42,83	12,332	39,648	46,019	23,33	73,33

Nota: Bb&Ma: solución de *Beauveria bassiana* más *Metarhizium anisopliae*; Ma: solución de *Metarhizium anisopliae*; Bb: solución de *Beauveria bassiana*

Porcentaje de incidencia

Los resultados del porcentaje de incidencia según la tabla 6, muestran una marcada variabilidad entre tratamientos. El tratamiento testigo (T10) presenta la media más alta (92,22%), lo que refleja una elevada presencia del daño en ausencia de control. De manera similar, el tratamiento T8 (2.5 ml/L Ba) muestra una incidencia alta (90,00%), es decir, en este caso el tratamiento T8, no logró reducir de forma efectiva la presencia del insecto.

Por otro lado, el tratamiento T4 (1.75 ml/L Ma) muestra la menor incidencia promedio (22,22%), indicando un efecto considerable en la reducción de la presencia del picudo. Otros tratamientos como T6 (34,44%) y T1 (45,56%) también muestran valores relativamente bajos, lo que indica que existió eficacia en el control.

Al observar las medidas de dispersión, la mayoría de los tratamientos presentan desviaciones estándar bajas (entre 2% y 4%), es decir el comportamiento de los datos son estables e indican buena consistencia a excepción del tratamiento T3 que presentó una desviación estándar mayor (σ=10,111%).

Severidad de daño

En cuanto al porcentaje de severidad, los resultados de la tabla 6, muestra un comportamiento ligeramente distinto. El tratamiento T5 (2.5 ml/L Ma) presenta la mayor severidad (67,78%), seguido de T4 y T7 (51,66%), lo que indica que, aunque algunos

tratamientos pueden reducir la incidencia, no necesariamente disminuyen la intensidad del daño en las plantas afectadas.

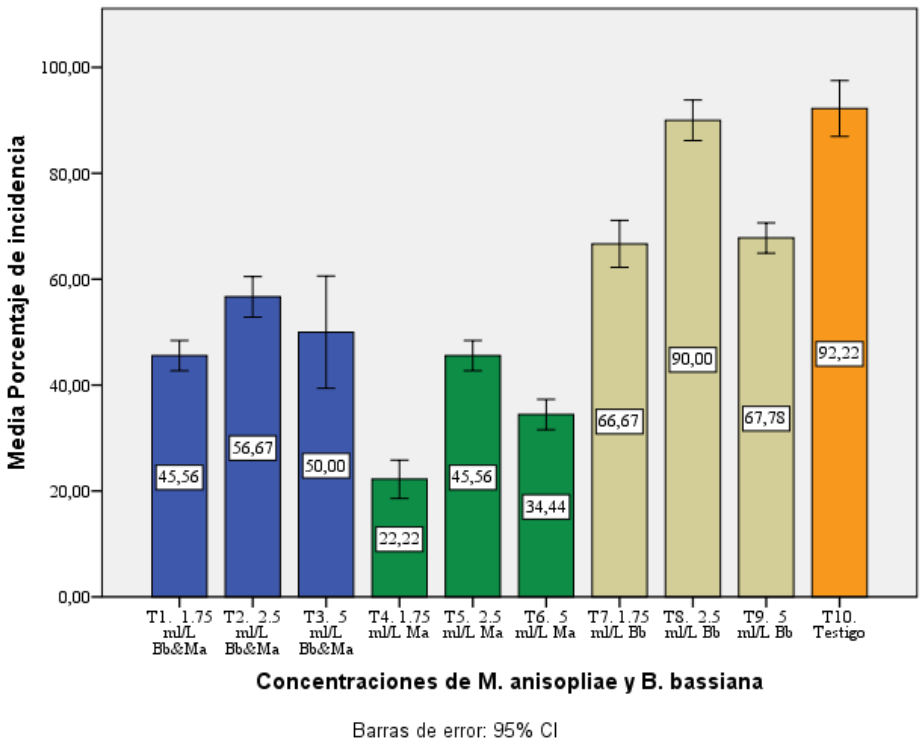
Por el contrario, el tratamiento T3 (5 ml/L Bb&Ma) presenta la menor severidad (26,67%) y además con desviación estándar nula (σ=0), lo que indica una respuesta completamente uniforme en todas las repeticiones. Esto indica que los efectos de los tratamientos son altamente consistentes en la reducción del daño. Otros tratamientos como T2, T9 y T1 también muestran valores relativamente bajos de severidad, lo que podría indicar un mejor control del impacto del insecto independientemente de su presencia.

En términos de variabilidad, la severidad presenta en general desviaciones estándar bajas, lo que indica estabilidad en las respuestas. No obstante, T1 muestra una mayor dispersión (σ=9,471%).

La figura 7 presenta la media del porcentaje de incidencia del daño causado por el picudo negro bajo los tratamientos aplicados. En el eje vertical se muestra el porcentaje de incidencia, mientras que en el eje horizontal se disponen los tratamientos evaluados, identificados por sus respectivas dosis y combinaciones de *Metarhizium anisopliae* (Ma), *Beauveria bassiana* (Bb). El análisis, evidencia que la respuesta de la incidencia frente a las dosis aplicadas no sigue un patrón estrictamente lineal, sino que depende tanto del tipo de agente como de su dosis.

Figura 7

Gráfico de barras del porcentaje de incidencia de C. sordidus, según tratamientos

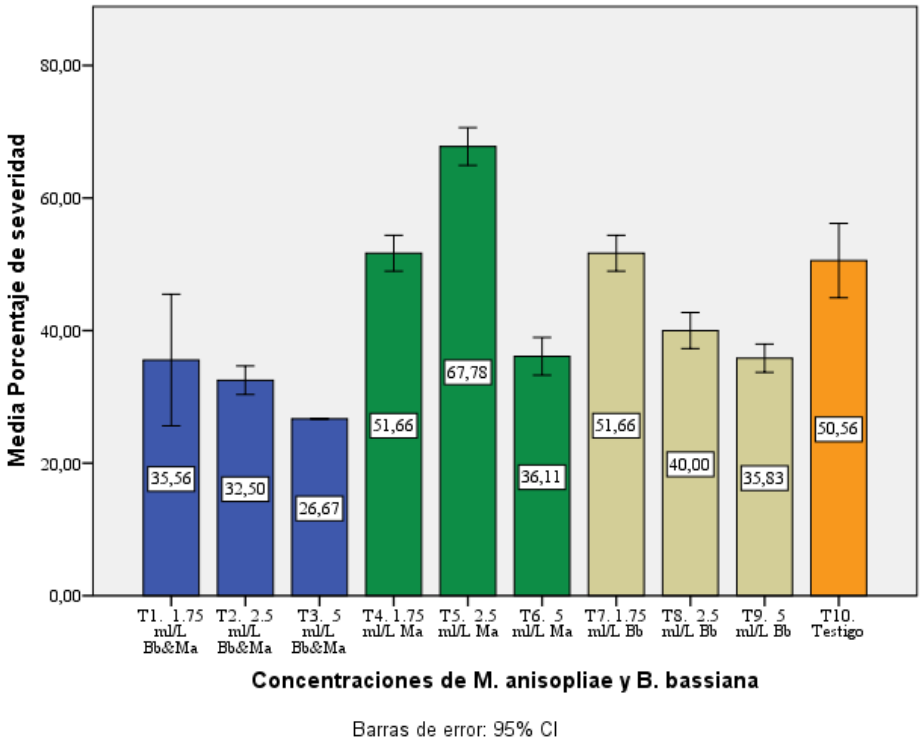


En los tratamientos que combinan *Beauveria bassiana* y *Metarhizium anisopliae* (T1, T2 y T3), se observa un incremento de la incidencia al pasar de la dosis baja a la intermedia, seguido de una ligera reducción en la dosis más alta. Este comportamiento indica que la interacción entre ambos microorganismos no se comporta de manera proporcional al aumento de la dosis volumétrica. Lo mismo ocurre con los tratamientos T4, T5 y T6 (*Metarhizium anisopliae* aplicado de forma individual) y tratamientos T7, T8 y T9 (*Bauberia bassiana* aplicado de forma individual) dicho comportamiento pone de manifiesto que la relación entre dosis y efecto no es uniforme entre los tratamientos aplicados; es decir, se debe identificar las dosis óptimas específicas para cada tratamiento en lugar de asumir una respuesta directamente proporcional al incremento de la dosis. Al comparar con el tratamiento testigo (T10) que muestra la mayor incidencia (92,22%), se confirma que existe alta presión de la plaga en ausencia de intervención y valida la pertinencia de encontrar la dosis adecuada en vez de asumir la idea de una respuesta proporcional en función de la dosis de aplicación.

La figura 8 muestra la media del porcentaje de severidad del daño ocasionado por el picudo negro (*Cosmopolites sordidus*) en función de distintos tratamientos. En el eje vertical se expresa la severidad en porcentaje, mientras que en el eje horizontal se organizan los tratamientos de acuerdo con el tipo de agente biológico y sus dosis.

Figura 8

Gráfico de barras de la severidad de daño de C. sordidus, según tratamientos



En cuanto a la severidad del daño en la figura 8, se evidencia un comportamiento diferenciado según el tipo de tratamiento y su dosis, lo que permite apreciar con mayor claridad la forma en que estos agentes biológicos modulan no solo la presencia del insecto, sino la intensidad del daño que ocasiona.

En las combinaciones de *Beauveria bassiana* y *Metarhizium anisopliae*, se observa una tendencia consistente en la que la severidad disminuye progresivamente conforme aumenta la dosis. Este patrón sugiere que el incremento en la dosis favorece una mayor eficacia del tratamiento, posiblemente debido a un efecto complementario entre ambos entomopatógenos que intensifica la presión sobre el insecto y limita su capacidad de causar daño. La reducción sostenida de la severidad en este grupo refleja una respuesta más estable y predecible frente al aumento de la dosis.

Por otro lado, en el grupo de *Metarhizium anisopliae*, la respuesta no sigue una tendencia lineal. La severidad aumenta de 51,66% a 67,78% al pasar de la dosis baja 1,75 ml/L a 2,5 ml/L, luego disminuye en la dosis más alta. Este comportamiento posiblemente está relacionado con dinámicas de establecimiento del patógeno, competencia intraespecífica o variaciones en la susceptibilidad del hospedero.

En los tratamientos del grupo *Beauveria bassiana* aplicada de forma individual muestran una tendencia que disminuye la severidad de daño conforme se incrementa la dosis (pasa de 51,66% a 35,83%). Este patrón muestra una relación directa entre la dosis y el control de la severidad de daño, a mayores dosis del agente favorecen una reducción progresiva del daño, aunque sin alcanzar los niveles más bajos observados en las combinaciones de tratamientos.

El tratamiento testigo, al no contar con intervención, presenta un nivel de severidad de 50,56% y demuestra la capacidad del picudo negro para generar daño significativo en las plantas de plátano en condiciones naturales.

5.5. Resultados Inferenciales

5.6. Eficacia de Control del Picudo Negro (*Cosmopolites Sordidus*)

Para probar las hipótesis de diferencia significativa entre los tratamientos evaluados sobre la eficacia del control del picudo negro se utilizó la prueba de Kruskal-Wallis debido a que los datos pertenecen al campo de la estadística no paramétrica (prueba de normalidad, tabla 3).

La Tabla 7 presenta los resultados del análisis de varianza no paramétrico de Kruskal-Wallis aplicado a muestras independientes, con el propósito de evaluar el efecto de los diferentes tratamientos sobre los indicadores de la variable eficacia en el control: el porcentaje de mortalidad y la eficacia en el control de *Cosmopolites sordidus*. En la tabla se consignan el tamaño muestral total (N = 60), el estadístico de prueba (H), los grados de libertad (gl = 9) y el nivel de significancia asintótica bilateral (p-valor), que permite contrastar la hipótesis:

- H_0: No existen diferencias significativas entre los tratamientos en el porcentaje de mortalidad y la eficacia en el control de *C. sordidus*.
- H_1: Existen diferencias significativas entre al menos dos tratamientos en ambas variables evaluadas.

Tabla 7

Análisis de varianza de Kruskal Wallis para muestras independientes del porcentaje de mortalidad y eficiencia en el control de C. sordidus

Estadísticos de prueba para muestras independientes	**Variables**	
	Porcentaje de mortalidad	**Eficacia en el control**
N total	60	60
Estadístico de prueba	57,829	57,836
Grado de libertad	9	9
Sig. asintótica (prueba bilateral)	,000	,000

Porcentaje de mortalidad de *C. sordidus*

En relación con el porcentaje de mortalidad, los resultados muestran un estadístico de prueba de 57,829 con 9 grados de libertad y una significancia de 0,000. Este valor (sig.<0,05) conduce al rechazo de la hipótesis nula; por tanto, se acepta la hipótesis alterna (H_1) indicando que existen diferencias significativas entre los tratamientos aplicados sobre el porcentaje de mortalidad del picudo negro.

Eficacia en el control de *C. sordidus*

Los resultados de la tabla 7 para la eficacia en el control también reflejan un patrón muy similar al porcentaje de mortalidad, con un estadístico de prueba de 57,836 y una significancia igualmente de 0,000 (Sig.<0,05). Esto confirma el rechazo de la hipótesis nula (Ho) y conduce a la aceptación de la H_1 es decir que existen diferencias significativas entre los tratamientos en la eficacia en el control del picudo negro.

Con la finalidad de identificar qué tratamientos difieren entre sí y cuáles representan las alternativas más adecuadas. La tabla 8 muestra los resultados de la prueba de comparaciones múltiples de Dunn, aplicada después del análisis de Kruskal-Wallis, con el propósito de identificar diferencias específicas entre tratamientos en relación con el porcentaje de mortalidad de *Cosmopolites sordidus*. La tabla organiza los tratamientos en subconjuntos homogéneos, donde aquellos que comparten una misma columna no presentan diferencias estadísticamente significativas entre sí al nivel de significancia de 0,05. Cada celda muestra la mediana correspondiente a cada tratamiento y los valores del estadístico de prueba y las significancias.

Tabla 8

Prueba de comparación de medianas entre los tratamientos para el porcentaje de mortalidad de C. sordidus

Tratamientos	Subconjunto homogéneo					
	1	2	3	4	5	6
T10. Testigo	25,000					
T2. 2.5 ml/L Bb&Ma		50,000				
T1. 1.75 ml/L Bb&Ma		55,355	55,355			
T3. 5 ml/L Bb&Ma			69,645			
T7. 1.75 ml/L Bb			71,430			
T8. 2.5 ml/L Bb				76,785		
T6. 5 ml/L Ma				78,570		
T5. 2.5 ml/L Ma					85,710	
T4. 1.75 ml/L Ma					89,290	89,290
T9. 5 ml/L Bb					89,290	89,290
Estadístico de prueba	.[a]	4,000	6,078	1,091	.[b]	.[b]
Sig. (prueba bilateral)	.	,046	,048	,296	.	.

Nota: Los subconjuntos homogéneos se basan en significaciones asintóticas. El nivel de significación es de ,05.

a. No se puede calcular porque el subconjunto sólo contiene una muestra.
b. No se pudo calcular porque todas las medianas de las muestras en este subconjunto son inferiores o iguales que la mediana hipotetizada.

En los resultados de la tabla 8, se observa en primer lugar que el T10 (testigo) se ubica de manera aislada en el primer subconjunto homogéneo, con una mediana de mortalidad de

25,00%. Este valor es claramente diferente del resto de tratamientos, ya que el testigo carece de agentes entomopatógenos que puedan afectar la supervivencia del insecto.

En el segundo subconjunto homogéneo se incluye al tratamiento T2 (2,5 ml/L de Bb&Ma) con una mediana de 50,00%, seguido por T1 (1,75 ml/L de Bb&Ma) con 55,355%, que además se solapa con el tercer subconjunto. Este solapamiento indica que, aunque existe una ligera mejora en la mortalidad, las diferencias entre estas dosis aún no son lo suficientemente marcadas como para separarlas estadísticamente de forma significativa.

En el tercer subconjunto se agrupan tratamientos como T3 (5 ml/L de Bb&Ma) y T7 (1,75 ml/L de Bb), con medianas de 69,64% y 71,430% respectivamente, lo que indica un aumento en la mortalidad de *C. sordidus*.

En los subconjuntos superiores se concentran los tratamientos con mayor eficacia biológica, como T8 (2,5 ml/L de Bb) y T6 (5 ml/L de Ma), con medianas superiores al 75%, y finalmente T5 (2,5 ml/L de Ma), T4 (1,75 ml/L de Ma) y T9 (5 ml/L de Bb), que alcanzan valores cercanos o superiores al 85–89%. Estos últimos tratamientos comparten los subconjuntos finales, lo que indica que, aunque presentan las mayores mortalidades, entre ellos no existen diferencias significativas entre ellos. En términos prácticos, estos resultados indican que se ha alcanzado el umbral de eficacia en el control de *C. sordidus*, donde el incremento en la dosis de los hongos entomopatógenos, especialmente *Beauveria bassiana* y *Metarhizium anisopliae*, se traduce en mayores niveles de mortalidad de *C. sordidus*. Este comportamiento puede explicarse por el aumento en la probabilidad de infección; es decir, a mayor carga de esporas disponibles mayor será la eficiencia en la colonización del hospedero y por tanto mayor porcentaje de mortalidad.

La Tabla 9 presenta los resultados de la prueba de comparaciones múltiples de Dunn para la variable eficiencia en el control de *Cosmopolites sordidus*. Al igual que en la tabla 8, los tratamientos se agrupan en subconjuntos homogéneos, lo que permite identificar grupos estadísticamente similares en términos de su mediana.

El tratamiento T10 (testigo) se encuentra en el primer subconjunto, con una mediana de eficiencia de apenas 1,79%, lo que evidencia la ausencia de control sobre la plaga. Este resultado no solo es estadísticamente distinto del resto, sino que también refleja la realidad biológica sin tratamiento, donde el picudo negro desarrolla su ciclo biológico sin restricciones.

Tabla 9

Prueba de comparación de medianas entre los tratamientos para la eficiencia de control de C. sordidus

Tratamientos	Subconjunto					
	1	2	3	4	5	6
T10. Testigo	1,790					
T2. 2.5 ml/L Bb&Ma		25,060				
T1. 1.75 ml/L Bb&Ma		30,430	30,430			
T3. 5 ml/L Bb&Ma			44,750			
T7. 1.75 ml/L Bb			46,540			
T8. 2.5 ml/L Bb				51,920		
T6. 5 ml/L Ma				53,710		
T5. 2.5 ml/L Ma					60,870	
T4. 1.75 ml/L Ma					64,450	64,450
T9. 5 ml/L Bb					64,450	64,450
Estadístico de prueba	.[a]	4,000	6,078	1,091	.[b]	.[b]
Sig. (prueba bilateral)	.	,046	,048	,296	.	.

Nota: Los subconjuntos homogéneos se basan en significaciones asintóticas. El nivel de significación es de ,05.

a. No se puede calcular porque el subconjunto sólo contiene una muestra.

b. No se pudo calcular porque todas las medianas de las muestras en este subconjunto son inferiores o iguales que la mediana hipotetizada.

En el segundo subconjunto se ubica el T2 (2,5 ml/L de Bb&Ma) con una mediana de 25,06%, seguido muy de cerca por el T1 (1,75 ml/L de Bb&Ma) con 30,43%, el cual además se superpone con el tercer subconjunto. Esta superposición sugiere que, aunque existe una mejora en la eficiencia al incrementar ligeramente la dosis o ajustar la combinación, las diferencias aún no son lo suficientemente marcadas.

En el tercer subconjunto los tratamientos T3 (5 ml/L de Bb&Ma) y T7 (1,75 ml/L de Bb) alcanzan valores cercanos al 45%, lo que refleja un incremento más evidente en la capacidad de control. Aquí comienza a percibirse una respuesta biológica más consistente, donde la acción de los hongos entomopatógenos logra afectar de manera más efectiva la población del insecto. Este comportamiento sugiere que tanto el aumento de la dosis como el uso de *Beauveria bassiana* en forma individual empiezan a consolidarse como estrategias más eficientes.

En los subconjuntos superiores se agrupan los tratamientos con mayor eficacia, tales como T8 (2,5 ml/L de Bb) y T6 (5 ml/L de Ma), con medianas que superan el 50%, seguidos por T5 (2,5 ml/L de Ma) con 60,87%, y finalmente T4 (1,75 ml/L de Ma) junto con T9 (5 ml/L de Bb), ambos con valores de 64,45%. Estos últimos tratamientos comparten los subconjuntos finales, lo que indica que, aunque representan los niveles más altos de eficiencia, entre ellos no existen diferencias estadísticas significativas. Estos resultados pueden ser explicados por el hecho de que mayores dosis de *Beauveria bassiana* y *Metarhizium anisopliae* incrementan la densidad de inóculo, favoreciendo la adhesión, germinación y penetración del hongo en el tegumento del insecto. Esto, a su vez, acelera los procesos infecciosos y eleva la mortalidad, lo que se traduce directamente en una mayor eficiencia de control.

5.7. Tiempo de Respuesta del Control del Picudo Negro (*Cosmopolites Sordidus*)

Para probar las hipótesis de diferencia significativa entre los tratamientos evaluados sobre el tiempo de respuesta del control del picudo negro se presenta los resultados del análisis de varianza no paramétrico de Kruskal-Wallis aplicado a muestras independientes (Tabla 10) donde se consignan el tamaño muestral total (N = 60), el estadístico de prueba (H), los grados de libertad (gl = 9) y el nivel de significancia asintótica bilateral (p-valor), que permite contrastar la hipótesis:

- H_0: No existen diferencias significativas entre los tratamientos en el tiempo de respuesta del control de *C. sordidus*.
- H_1: Existen diferencias significativas entre al menos dos tratamientos en el tiempo de respuesta del control de *C. sordidus*.

Tabla 10

Análisis de varianza de Kruskal Wallis para muestras independientes del tiempo de respuesta del control de C. sordidus

Estadísticos de prueba para muestras independientes	**Tiempo de respuesta del control del picudo negro (*Cosmopolites sordidus*)**
N total	60
Estadístico de prueba (H)	52,710
Grado de libertad	9
Sig. asintótica (prueba bilateral)	,000

La tabla 10 muestra un estadístico de prueba de Kruskal Wallis de 52,710, con 9 grados de libertad y una significancia asintótica (p = 0,000). Este valor de p, ampliamente inferior al nivel crítico de 0,05 (Sig.<0,05), conduce a rechazar la hipótesis nula (H_0) y aceptar la H_1 evidenciando que al menos uno de los tratamientos presenta un comportamiento significativamente diferente en el tiempo de respuesta del control del picudo negro.

Para identificar las diferencias entre los tratamientos se realizó el análisis post hoc de comparaciones múltiples de Dunn (tabla 11), donde los tratamientos se agrupan en subconjuntos homogéneos y aquellos que comparten una misma columna no presentan diferencias estadísticamente significativas, mientras que la separación en distintos subconjuntos indica diferencias relevantes.

Tabla 11

Prueba de comparación de medianas entre los tratamientos para el tiempo de respuesta del control del picudo negro (C. sordidus)

Tratamientos	**Subconjunto**			
	1	**2**	**3**	**4**
T9. 5 ml/L Bb	7,000			
T3. 5 ml/L Bb&Ma	7,500	7,500		
T8. 2.5 ml/L Bb	8,000	8,000	8,000	
T2. 2.5 ml/L Bb&Ma	8,500	8,500	8,500	
T1. 1.75 ml/L Bb&Ma		9,500	9,500	
T7. 1.75 ml/L Bb			9,500	
T6. 5 ml/L Ma				18,000
T5. 2.5 ml/L Ma				20,500
T4. 1.75 ml/L Ma				21,000
T10. Testigo				>30,000
Estadístico de prueba	2,218	9,333	8,000	9,333
Sig. (prueba bilateral)	,528	,025	,046	,025

Los resultados de la tabla 11 se agrupa en cuatro subconjuntos homogéneos, el subconjunto 1 agrupa a los tratamientos con menor tiempo de respuesta, destacando *T9 (5 ml/L de Beauveria bassiana)* con la mediana más baja (7,0 días), seguido por combinaciones y dosis intermedias como *T3, T8 y T2*. La inclusión de estos tratamientos en el mismo grupo indica que, aunque existen ligeras variaciones numéricas, su desempeño es estadísticamente iguales.

En los subconjuntos 2 y 3, se incorporan tratamientos con tiempos de respuesta ligeramente mayores (alrededor de 8,5 a 9,5 días), como *T1* y *T7*. Estos resultados reflejan que los tratamientos mantienen un efecto en el tiempo de control del picudo negro, pero con una menor rapidez en comparación con los más eficientes.

El Subconjunto 4 agrupa a los tratamientos con mayor tiempo de respuesta, incluyendo *T6, T5, T4* (todos basados en *Metarhizium anisopliae* en distintas dosis) y el testigo (T10) con valor >30,0 días. La separación de este grupo de tratamientos respecto a los anteriores, respaldada por valores de significancia ($p < 0,05$ en varios contrastes), indica que estos tratamientos son significativamente más lentos en inducir efectos sobre el tiempo de respuesta para el control de picudo negro. En términos prácticos, esto implica una menor eficiencia en el control temprano, lo cual puede traducirse en un mayor daño acumulado en el cultivo.

De los resultados en la tabla 11, se concluye que *Beauveria bassiana* presenta una mayor rapidez en el tiempo de control del picudo negro seguido de *Metarhizium anisopliae*, que es efectivo, pero requiere más tiempo para establecer la infección.

5.8. Incidencia y Severidad del Daño Causado por el Picudo Negro (*Cosmopolites Sordidus*)

Para probar las hipótesis de diferencia significativa entre los tratamientos evaluados sobre la incidencia (proporción de plantas afectadas) y severidad de daño (grado de afectación tisular en los pseudotallos) ocasionado por el picudo negro en pseudotallos de plátano se presenta los resultados del análisis de varianza no paramétrico de Kruskal-Wallis aplicado a muestras independientes (Tabla 12) donde se muestra el tamaño muestral total (N = 60), el estadístico de prueba (H), los grados de libertad (gl = 9) y el nivel de significancia asintótica bilateral (p-valor).

Tabla 12

Análisis de varianza de Kruskal Wallis para muestras independientes del porcentaje de incidencia y severidad de daño de C. sordidus

Descripción	Porcentaje de incidencia	% de severidad de daño
N total	60	60
Estadístico de prueba (H)	55,785	51,612
Grado de libertad	9	9
Sig. asintótica (prueba bilateral)	,000	,000

Para la interpretación de la tabla 12 se plante las hipótesis:

- H_0: No existen diferencias significativas entre los tratamientos en la incidencia y severidad de daño de *C. sordidus* en pseudotallos de plátano.
- H_1: Existen diferencias significativas entre al menos dos tratamientos en la incidencia y severidad de daño de *C. sordidus* en pseudotallos de plátano.

Según los resultados del análisis de varianza, las dos variables presentan valores elevados del estadístico de prueba (55,785 para incidencia y 51,612 para severidad), con 9 grados de libertad y una significancia asintótica de p = 0,000 en ambos casos. Estos resultados indican, con un alto nivel de confianza estadística ($p < 0,05$), que se rechaza la hipótesis nula (H_0), la cual postulaba la igualdad de medianas entre tratamientos. En consecuencia, se acepta la hipótesis alternativa, evidenciando que existen diferencias significativas entre los tratamientos tanto en la incidencia como en la severidad del daño causado por el picudo negro en los pseudotallos de plátano.

Para identificar las diferencias entre los tratamientos se realizó el análisis post hoc de comparaciones múltiples de Dunn (tabla 13).

Tabla 13

Prueba de comparación de medianas entre los tratamientos para la incidencia del picudo negro (C. sordidus) en pseudotallos de plátano

Tratamientos	**Subconjunto**					
	1	**2**	**3**	**4**	**5**	**6**
T4. 1.75 ml/L Ma	20,000					
T6. 5 ml/L Ma		33,330				
T1. 1.75 ml/L Bb&Ma		46,670	46,670			
T5. 2.5 ml/L Ma		46,670	46,670			
T3. 5 ml/L Bb&Ma			50,000	50,000		
T2. 2.5 ml/L Bb&Ma				56,665	56,665	
T7. 1.75 ml/L Bb					66,670	
T9. 5 ml/L Bb					66,670	66,670
T8. 2.5 ml/L Bb						90,000
T10. Testigo						93,330
Estadístico de prueba	.[a]	.[b]	7,200	1,500	1,125	6,078
Sig. (prueba bilateral)	.	.	,027	,221	,570	,048

La tabla 13 muestra la agrupación de los tratamientos en subconjuntos homogéneos y aquellos que comparten una misma columna no presentan diferencias estadísticamente significativas, mientras que la separación en distintos subconjuntos indica diferencias relevantes.

El subconjunto 1 está representado exclusivamente por el tratamiento *T4 (1,75 ml/L de Metarhizium anisopliae)*, con la menor incidencia observada (20,0 %). Este resultado indica que, bajo las condiciones del ensayo, este tratamiento logró una reducción significativamente superior de la infestación, diferenciándose del resto.

El subconjunto 2 incluye a *T6 (5 ml/L Ma)* y a los tratamientos *T1 (1,75 ml/L Bb & Ma)* y *T5 (2,5 ml/L Ma)*, con valores de incidencia intermedios (33,33 % a 46,67 %). La agrupación de estos tratamientos indica que no presentan diferencias estadísticas entre sí, pero sí respecto al subconjunto anterior. Esto indica que, aunque eficaces, su capacidad de control es moderada en comparación con T4, posiblemente debido a variaciones en la dosis o en la interacción entre cepas en el caso de las mezclas.

A partir del Subconjunto 3 y 4, se observa una transición hacia tratamientos con mayor incidencia (50,0 % a 56,67 %), como *T3* y *T2*. En estos casos, la eficacia en la reducción de la infestación es menor, lo que podría estar relacionado con una menor dosis efectiva del inóculo, o con dinámicas de interacción menos favorables entre *Beauveria bassiana* y *Metarhizium anisopliae* cuando se aplican en combinación.

Los subconjuntos 5 y 6 agrupan a los tratamientos con mayores niveles de incidencia, destacando *T7 y T9 (*basados en *Beauveria bassiana)* con 66,67 %, y finalmente *T8* (90,0 %) y el testigo (T10) con 93,33 %. La proximidad entre estos valores, especialmente en el último subconjunto, evidencia una baja eficacia en la reducción de la infestación, siendo el testigo el reflejo del comportamiento natural del insecto en ausencia de control.

La prueba de Dunn (tabla 13) evidencia que los tratamientos presentan niveles diferenciados de eficacia en la reducción de la incidencia del picudo negro, destacando a *T4* como el más eficiente, mientras que los tratamientos basados en *Beauveria bassiana* a ciertas dosis, junto con el testigo, muestran los mayores niveles de infestación.

Para identificar diferencias significativas entre los tratamientos para el porcentaje de severidad de daño del picudo negro en pseudotallos de plátano se realizó la prueba post hoc de Dunn, los resultados se muestran en la Tabla 14 donde los tratamientos se agrupan en cuatro subconjuntos homogéneos.

Tabla 14

Prueba de comparación de medianas entre los tratamientos para la severidad de daño del picudo negro (C. sordidus) en pseudotallos de plátano

Tratamientos	**Subconjunto**			
	1	**2**	**3**	**4**
T3. 5 ml/L Bb&Ma	26,670			
T2. 2.5 ml/L Bb&Ma	31,670	31,670		
T6. 5 ml/L Ma	35,000	35,000		
T9. 5 ml/L Bb	35,000	35,000		
T8. 2.5 ml/L Bb		40,835		
T1. 1.75 ml/L Bb&Ma		41,670	41,670	
T10. Testigo			50,000	
T4. 1.75 ml/L Ma			53,330	
T7. 1.75 ml/L Bb			53,330	
T5. 2.5 ml/L Ma				66,670
Estadístico de prueba	1,143	10,556	7,217	.[a]
Sig. (prueba bilateral)	,767	,032	,065	.

Nota: Los subconjuntos homogéneos se basan en significaciones asintóticas. El nivel de significación es de ,05.

a. No se puede calcular porque el subconjunto sólo contiene una muestra.

La tabla 14 agrupa en el subconjunto 1 a los tratamientos T3 (5 ml/L Bb & Ma) como el tratamiento con menor severidad de daño (26,67 %), seguido por T2, T6 y T9 con valores entre 31,67 % y 35,0 %. La presencia de estos tratamientos en un mismo grupo indica que, aunque existen diferencias numéricas, no son estadísticamente significativas entre sí ($p > 0,05$). Dichos tratamientos, tienen mayor capacidad para limitar el daño interno del pseudotallo, por tanto, constituyen tratamientos que son efectivos para el control de larvas antes de que completen su desarrollo destructivo.

El subconjunto 2 introduce valores ligeramente superiores, como el de T8 (40,84 %) y T1 (41,67 %), marcando una eficacia menor en comparación con el subconjunto anterior.

En el subconjunto 3 se agrupan tratamientos con severidades considerablemente más altas, como el testigo (50,0 %), T4 y T7 (53,33 %). La inclusión del testigo en este grupo confirma el comportamiento esperado en ausencia de control, mientras que la presencia de ciertos tratamientos sugiere una eficacia limitada para restringir el daño interno, posiblemente

debido a una menor capacidad de penetración o persistencia del agente entomopatógeno en el tejido vegetal.

El subconjunto 4 está conformado únicamente por T5 (2,5 ml/L Ma), con la mayor severidad registrada (66,67 %). Al tratarse de un subconjunto con una sola muestra, no se puede calcular la significancia estadística; sin embargo, su posición aislada indica claramente un desempeño inferior, con una alta intensidad de daño. En este caso, la dosis aplicada de *Metarhizium anisopliae* no fue suficiente para controlar eficazmente la actividad larval dentro del pseudotallo.

Desde el punto de vista estadístico, los valores de significancia ajustada ($p > 0,05$ en todos los casos) indican que, tras controlar el error por comparaciones múltiples, las diferencias entre varios tratamientos no alcanzan un nivel de significancia robusto, lo que resalta la complejidad y variabilidad del sistema biológico evaluado. Esto no invalida las tendencias observadas, pero sí sugiere que deben interpretarse como indicativas más que concluyentes.

La prueba de Dunn (tabla 14) revela que la mayor eficacia se alcanza con los tratamientos combinados y de mayor dosis volumétrica, especialmente T3.

VI. DISCUSIÓN DE RESULTADOS

Se determinó el efecto de las aplicaciones de *Beauveria bassiana* y *Metarhizium anisopliae* en el control del picudo negro (*Cosmopolites sordidus*) en plantaciones de plátano del distrito de Mala. Los hallazgos obtenidos permiten aceptar la hipótesis general de investigación, dado que ambos entomopatógenos, aplicados de forma individual o combinada, generaron diferencias estadísticamente significativas respecto al tratamiento testigo en las tres dimensiones evaluadas: eficacia de control, tiempo de respuesta, e incidencia y severidad del daño (Sig.<0,05 en todos los análisis de Kruskal-Wallis). Sin embargo, el comportamiento diferencial de cada hongo frente al gradiente de dosis matiza de manera importante las hipótesis específicas planteadas, como se desarrolla a continuación:

a) Eficacia de control del picudo negro (mortalidad y eficacia de control)

En cuanto a la eficacia de control, el tratamiento T4 (*M. anisopliae* a 1,75 ml/L) alcanzó la mayor mortalidad (89,29%) y la mayor eficiencia de control (64,45%) seguido de cerca por T9 (*B. bassiana* a 5 ml/L) con 88,10% de mortalidad. Estos hallazgos son muy cercanos con los reportados por Fernández Gaitán y Paico Marín (2019) quienes hallaron que una cepa irradiada de *B. bassiana* alcanzó una mortalidad acumulada cercana al 90% en la tercera semana, también Pozo Álava (2022) reportó mortalidades de hasta 97,5 % utilizando trampas con aplicaciones de *B. bassiana* a concentraciones de 4×10^9 conidios/ml y Guamangate-Casillas et al. (2024) obtuvieron mortalidades cercanas al 79–80 % con aplicaciones individuales de ambos hongos. Los resultados obtenidos pueden explicarse por el mecanismo de acción de los hongos entomopatógenos, los cuales infectan al insecto mediante la adhesión de conidios a la cutícula, su germinación y penetración, seguida de la colonización interna y producción de toxinas que conducen a la muerte del hospedero (Zimmermann, 2007).

La prueba de comparaciones múltiples de Dunn confirmó que T4 y T9 no presentan diferencias estadísticamente significativas entre sí, ubicándose ambos en el subconjunto homogéneo de mayor eficacia, lo que indica que se alcanzó un umbral de acción a partir del cual el incremento en la dosis volumétrica no se traduce necesariamente en mayor mortalidad para *M. anisopliae*. Esto podría explicarse por fenómenos de competencia intraespecífica del inóculo o por saturación del sustrato de infección, en concordancia con lo señalado por Zimmermann (2007) respecto a que la eficacia de los hongos entomopatógenos depende no solo de la dosis volumétrica, sino de su capacidad de germinación y de la adaptación de la cepa al hospedero.

Los resultados obtenidos son favorables para la agricultura ya que el uso de los biocontroladores (Ma y Bb) se puede integrar en programas de manejo integrado de plagas (MIP) para reducir la dependencia de insecticidas químicos y promover la producción sostenible de plátano considerando el siguiente criterio: i) para alcanzar la mayor mortalidad posible con la menor cantidad de producto, la aplicación de *M. anisopliae* a dosis bajas (1,75 ml/L) representa la alternativa más eficiente y económica; ii) si se requiere una respuesta más rápida frente a infestaciones activas, la aplicación de *B. bassiana* a dosis altas (5 ml/L) constituye la opción más adecuada, dado su menor tiempo de acción y ii) cuando se quiera limitar el deterioro estructural del pseudotallo la alternativa de control más favorable resulta el tratamiento combinado a la dosis más alta (T3).

b) Tiempo de respuesta

Respecto al tiempo de respuesta hasta la aparición de signos de mortalidad o infección, los resultados evidenciaron una diferencia marcada entre ambos agentes: los tratamientos con *B. bassiana* (T7, T8 y T9) actuaron con mayor rapidez, con medias entre 7,17 y 9,67 días, mientras que los tratamientos con *M. anisopliae* (T4, T5 y T6) requirieron entre 19,50 y 21,50 días para manifestar signos de infección. Este patrón confirma la segunda hipótesis específica donde en el caso de *B. bassiana*, el tiempo de respuesta disminuyó conforme aumentó la dosis (de 9,67 días en T7 a 7,17 días en T9); sin embargo, en *M. anisopliae* no se observó una relación clara entre dosis y velocidad de acción. La prueba de Kruskal-Wallis (H=52,710; p=0,000) y el análisis post hoc de Dunn corroboraron que este contraste entre agentes es estadísticamente robusto, agrupando a los tratamientos con *M. anisopliae* y al testigo en el subconjunto de mayor tiempo de respuesta. Los resultados obtenidos coinciden con lo reportado por Guamangate-Casillas et al. (2024), quienes registraron tiempos de mortalidad entre 8,6 y 8,8 días, lo que confirma la consistencia del comportamiento biológico de estos hongos bajo diferentes condiciones, Fernández Gaitán y Paico Marín (2019) reportaron un tiempo de respuesta de tres semanas promedio para una cepa irradiada de *B. bassiana* y González Dávila et al. (2022) reportaron un tiempo de respuesta de 24 días para la combinación de *B. bassiana* y *M. anisopliae*. Las variaciones en los intervalos de respuesta, pueden ser explicados por las fases del ciclo de infección que requieren los hongos entomopatógenos como: adhesión, germinación, penetración, colonización y esporulación, lo cual requiere un periodo determinado antes de provocar la muerte del insecto (Gold et al.,2001) y (Tinzaara et al., 2007).

c) Incidencia y severidad del daño

Los resultados mostraron una reducción significativa (Sig. <0,05) en la incidencia y severidad del daño, el tratamiento T4 (*M. anisopliae* 1,75 ml/L) registró la menor incidencia

(22,22%), consistente con su desempeño superior en mortalidad y eficiencia de control, mientras que el testigo alcanzó la mayor incidencia (92,22%). Estos resultados, coinciden con lo reportado por Suárez Quintero y Suárez Quintero (2020), quienes encontraron reducciones significativas del daño con el uso de *B. bassiana*, alcanzando niveles de control superiores al 90 %. Asimismo, Cerna Mercado (2022) reportó que la combinación de *B. bassiana* y *M. anisopliae* mejora el control respecto a su aplicación individual, lo cual es consistente con los hallazgos del presente estudio. Armendáriz et al. (2016) reportaron niveles de incidencia menores a 46,70 %, la variabilidad en la incidencia está explicado por factores como el método de aplicación, las condiciones ambientales y el manejo agronómico que influyen significativamente en la reducción de la incidencia y severidad de *C. sordidus,* la disminución de la población activa del insecto, limita el daño en los pseudotallos y mejora la sanidad del cultivo, lo que se traduce en una mayor productividad y calidad del plátano, así como en una disminución de pérdidas económicas para los productores.

En cuanto a la severidad, el tratamiento combinado T3 (Bb&Ma 5 ml/L) obtuvo el menor daño tisular (26,67%), lo que indica una acción complementaria de ambos hongos específicamente sobre la intensidad del daño, aun cuando esta misma combinación no haya sido la más eficaz en términos de mortalidad.

Los resultados demuestran que *Beauveria bassiana* y *Metarhizium anisopliae* son herramientas eficaces para el control de *Cosmopolites sordidus*, con efectos comprobados en la mortalidad, el tiempo de respuesta y la reducción del daño. Su uso, especialmente en combinación y a dosis elevadas, representa una alternativa viable dentro del manejo sostenible del cultivo de plátano, alineada con los principios de la agricultura ecológica y el manejo integrado de plagas.

VII. CONCLUSIÓN

- Respecto a la eficacia de control de *C. sordidus* se verifica que existe diferencia significativa entre tratamientos (H=57,829; p=0,000 para mortalidad; H=57,836; p=0,000 para eficiencia de control). El tratamiento con *M. anisopliae* a la dosis más baja (T4. 1,75 ml/L) alcanzó la mayor mortalidad (89,29%) y la mayor eficiencia de control (64,45%), sin diferencias estadísticamente significativas frente a *B. bassiana* a la dosis más alta (T9. 5 ml/L), que registró 88,10% de mortalidad. Además, los tratamientos combinados (Bb&Ma) presentaron, en todas sus dosis, niveles de mortalidad y eficiencia inferiores a los alcanzados por ambos hongos aplicados de forma individual.
- Respecto al tiempo de respuesta hasta la aparición de signos de mortalidad o infección se evidencia diferencias significativas entre tratamientos aplicados (H=52,710; p=0,000). Los tratamientos con *B. bassiana* mostraron una acción considerablemente más rápida, con medias entre 7,17 y 9,67 días, mientras que los tratamientos con *M. anisopliae* requirieron entre 19,50 y 21,50 días para manifestar efectos visibles; el testigo no presentó signos de infección durante los más de 30 días de evaluación. Por tanto, los tratamientos con *B. bassiana* constituyen las alternativas más adecuadas cuando se requiere una respuesta temprana, frente a *M. anisopliae* y tratamientos combinados.
- En relación a la incidencia y severidad del daño, las aplicaciones de *B. bassiana* y *M. anisopliae* redujeron significativamente tanto la incidencia (H=55,785; p=0,000) como la severidad del daño (H=51,612; p=0,000) causado por el picudo negro en los pseudotallos de plátano, en comparación con el testigo (92,22% de incidencia y 50,56% de severidad). El tratamiento con *M. anisopliae* a 1,75 ml/L (T4) presentó la menor incidencia (22,22%), en tanto que el tratamiento combinado Bb&Ma a 5 ml/L (T3) registró la menor severidad (26,67%).

En conjunto, los resultados demuestran que las aplicaciones de *Beauveria bassiana* y *Metarhizium anisopliae* tuvieron un efecto significativo en el control del picudo negro (*Cosmopolites sordidus*) en las plantaciones de plátano del distrito de Mala, evidenciado por diferencias estadísticamente significativas frente al tratamiento testigo en el porcentaje de mortalidad, el tiempo de respuesta, y la incidencia y severidad del daño ($p<0,05$ en todos los análisis de Kruskal-Wallis).

VIII. RECOMENDACIONES

En función de los resultados obtenidos sobre el efecto de *Beauveria bassiana* y *Metarhizium anisopliae* en el control de *Cosmopolites sordidus*, se plantean las siguientes recomendaciones:

- A los agricultores del cultivo de plátanos en Cañete, se recomienda priorizar la aplicación de *Metarhizium anisopliae* a una dosis volumétrica de 1,75 ml/L cuando el objetivo sea alcanzar la mayor mortalidad y eficiencia de control posible con la menor cantidad de producto, dado que esta fue la dosis de mejor desempeño entre todos los tratamientos evaluados.
- A los agricultores del cultivo de plátanos en Cañete, se recomienda emplear *Beauveria bassiana* a 5 ml/L, cuando se requiera una respuesta más inmediata frente a una infestación activa de *C. sordidus*, debido a que esta dosis, tiene menor tiempo de respuesta hasta la aparición de signos de mortalidad o infección (promedio de 7,17 días).
- A los agricultores del cultivo de plátanos en Cañete, se recomienda emplear *Metarhizium anisopliae* a 1,75 ml/L para controlar la incidencia del picudo negro en plantaciones de plátano, ya que fue la dosis con menor incidencia (22,22%). También se recomienda emplear el tratamiento combinado Bb&Ma a 5 ml/L para controlar la severidad de daño ya que a dicha dosis se registró la menor severidad de daño (26,67%).
- A los investigadores, se recomienda evaluar el comportamiento de dosis intermedias, debido a que los resultados mostraron traslapes en los subconjuntos homogéneos, lo que indica la necesidad de profundizar en la relación dosis-respuesta. Así mismo, se recomienda evaluar la interacción con otros métodos de control como feromonas, trampas y control cultural en condiciones comerciales.
- A los académicos, se recomienda promover el uso de *Beauveria bassiana* y *Metarhizium anisopliae* como una estrategia clave dentro del manejo sostenible del cultivo de plátano, ya que no solo reduce significativamente el impacto de *Cosmopolites sordidus*, sino que también contribuye a la conservación del medio ambiente y a la producción agrícola responsable.

IX. REFERENCIAS

Armendáriz, I., Landázuri, P. A., Taco, J. M., & Ulloa, S. M. (2016). Efectos del control del picudo negro (*Cosmopolites sordidus*) en el plátano. *Agronomía Mesoamericana*, 27(2), 319- 327. https://doi.org/10.15517/am.v27i2.20552

Barrera, G; Gómez, J; Cuartas, P; León, G; & Villamizar, L (2014). Caracterización morfológica, biológica y genética de un aislamiento Colombiano de granulovirus de Erinnyis ello (L.) (Lepidoptera: Sphingidae). Revista Colombiana de Biotecnología, 16(2): 129-140.

Butt, T. M., Jackson, C., & Magan, N. (Eds.). (2001). Fungi as biocontrol agents: Progress, problems and potential. CABI Publishing. https://doi.org/10.1079/9780851993560.0000

CAB International. (1999). *Clasificación y manejo del picudo negro*. https://www.cabi.org

Cayetano Huamán, L. C. (2019). Evaluación de Beauveria bassiana y barreras físicas en el control de Cosmopolites sordidus en el cultivo de plátano [Tesis de licenciatura, Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga]. Repositorio Institucional UNSCH. https://repositorio.unsch.edu.pe/handle/UNSCH/3529

Cerna Mercado, R. H. (2022). Evaluación de cuatro tipos de trampas en el control biológico del picudo negro del plátano (Cosmopolites sordidus) en tres distritos de la región Ucayali, Perú [Tesis de maestría, Universidad Nacional de Ucayali]. https://hdl.handle.net/20.500.14621/5147

Churchill, A. C. L. (2011). Mycosphaerella fijiensis, the black leaf streak pathogen of banana: Progress towards understanding pathogen biology and detection, disease development, and the challenges of control. *Molecular Plant Pathology, 12*(4), 307–328. https://doi.org/10.1111/j.1364-3703.2010.00672.x

Comisión de Promoción del Perú para la Exportación y el Turismo [PROMPERÚ]. (2023). *Perfil del banano peruano y exportaciones*. https://www.siicex.gob.pe/

Dassou, A. G., Tovignan, S., Vodouhè, F., & Vodouhè, S. D. (2024). Meta-analysis of agroecological technologies and practices in the sustainable management of banana pests and diseases. *Environment, Development and Sustainability*. https://doi.org/10.1007/s10668-023-03570-w

Elzein, A., et al. (2011). Control biológico de plagas en cultivos tropicales: El uso de Beauveria bassiana y Metarhizium anisopliae. Biological Control, 59(2), 180–186. https://doi.org/10.1016/j.biocontrol.2011.07.017

FAO. (2017). Análisis de condiciones agroecológicas para el cultivo de plátano en Perú. Food and Agriculture Organization of the United Nations. https://www.fao.org

Fernández Gaitán, C. E., & Paico Marín, S. R. (2019). Concentración mínima efectiva del entomopatógeno Beauveria bassiana expuesta a radiación UV-C sobre Spodoptera frugiperda y Cosmopolites sordidus [Tesis de licenciatura, Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo]. https://hdl.handle.net/20.500.12893/3939

Food and Agriculture Organization. (2016). *Black Sigatoka disease of banana*. https://www.fao.org/

Food and Agriculture Organization. (2017). *Banana: Crop description and management*. https://www.fao.org/land-water/databases-and-software/crop-information/banana/en/

Gold, C. S., Messiaen, S., & Karamura, E. B. (2000). The banana weevil (Cosmopolites sordidus). INIBAP Musa Pest Fact Sheet No. 4. https://www.musalit.org/seeMore.php?id=14070

Gold, C. S., Pena, J. E., & Karamura, E. B. (2001). Biology and integrated pest management for the banana weevil *Cosmopolites sordidus* (Germar). *Integrated Pest Management Reviews, 6*(2), 79–155. https://doi.org/10.1023/A:1023330900707

González Dávila, R. P., Vivas Cedeño, J., Tacuri Troya, E. T., & Mendoza Mejía, J. L. (2022). Biocontrol de Cosmopolites sordidus (Germar) en plantaciones de Musa AAB del Carmen, Manabí, Ecuador. RECIAMUC, 6(4), 129–135. https://doi.org/10.26820/reciamuc/6.(4).octubre.2022.129-135

Guamangate-Casillas, E. F., León-Reyes, H. A., Granja-Guerra, E., & Barriga-Medina, N. N. (2024). Evaluación de hongos entomopatógenos en el control de picudo (Metamasius hemipterus L.) en el cultivo de baby banano en el cantón La Maná. Revista de Ciencias Agropecuarias ALLPA, 7(14), 92–100. https://doi.org/10.56124/allpa.v7i14.0080

Guedes, R. N. C., Desneux, N., Han, P., Mansour, R., & Zappalà, L. (2021). Integrated pest management and biological control: Opportunities and challenges for sustainable agriculture. Journal of Pest Science, 95(1), 17–39. https://doi.org/10.1007/s10340-021-01442-8

Hernández-Sampieri, R., Fernández-Collado, C., & Baptista-Lucio, P. (2014). Metodología de la investigación (6.ªed.). McGraw-Hill Interamericana. https://dialnet.unirioja.es/servlet/libro?codigo=775008

Inglis, G. D., Goettel, M. S., Butt, T. M., & Strasser, H. (2001). Use of hyphomycetous fungi for managing insect pests. En T. M. Butt, C. Jackson, & N. Magan (Eds.), Fungi as biocontrol agents: Progress, problems and potential (pp. 23–69). CABI Publishing. https://doi.org/10.1079/9780851993560.0023

Kiggundu, A., Gold, C. S., Labuschagne, M. T., Vuylsteke, D., & Louw, S. (2003). Levels of host plant resistance to banana weevil, Cosmopolites sordidus (Germar) (Coleoptera: Curculionidae), in African Musa germplasm. Euphytica, 133(3), 267–277. https://doi.org/10.1023/A:1025725124849

Knowles, A. (2008). Recent developments of safer formulations of agrochemicals. *The Environmentalist*, *28*(1), 35–44. https://doi.org/10.1007/s10669-007-9045-4

Ministerio de Desarrollo Agrario y Riego [MIDAGRI]. (2020). *Compendio anual de producción agrícola 2020*. Gobierno del Perú. https://www.gob.pe/institucion/midagri/informes-publicaciones/2730325-compendio-anual-de-produccion-agricola

Ministerio de Desarrollo Agrario y Riego [MIDAGRI]. (2021, 24 de abril). *Producción de principales frutas y verduras en 2020 sumó más de S/ 8 mil millones, generando más ingresos a la agricultura familiar*. Gobierno del Perú. https://www.gob.pe/institucion/midagri/noticias/486036-produccion-de-principales-frutas-y-verduras-en-2020-sumo-mas-de-s-8-mil-millones-generando-mas-ingresos-a-la-agricultura-familiar

Ministerio de Desarrollo Agrario y Riego [MIDAGRI]. (2024). *Producción de banano de Perú alcanzó las 2.414.382 toneladas en 2023*. https://agraria.pe/noticias/produccion-de-banano-de-peru-alcanzo-las-2-414-382-toneladas-37112

National Center for Biotechnology Information. (2014). Taxonomy browser: Beauveria bassiana. U.S. National Library of Medicine. https://www.ncbi.nlm.nih.gov/Taxonomy/Browser/wwwtax.cgi?id=6025

Orjeda, G. (1998). *Evaluación de la resistencia de los bananos a las enfermedades de Sigatoka y marchitamiento por Fusarium* (Guías Técnicas INIBAP N.º 3). Red Internacional para

el Mejoramiento del Banano y el Plátano (INIBAP) / Instituto Internacional de Recursos Fitogenéticos (IPGRI). https://cgspace.cgiar.org/items/ce94929a-0745-4022-b62a-a0813ceb6511

Ortiz-Urquiza, A., & Keyhani, N. O. (2013). Action on the surface: Entomopathogenic fungi versus the insect cuticle. *Insects, 4*(3), 357–374. https://doi.org/10.3390/insects4030357

Pimentel, D., & Burgess, M. (2014). *Environmental and economic costs of the application of pesticides primarily in the United States*. En *Integrated Pest Management* (pp. 47–71). Springer. https://doi.org/10.1007/978-94-007-7796-5_2

Pozo Álava, A. A. (2022). Beauveria bassiana para el control de Cosmopolites sordidus en el cultivo de banano (Musa sapientum) en la provincia de Los Ríos [Trabajo de titulación, Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga]. Repositorio Institucional UNSCH. https://repositorio.unsch.edu.pe/items/97bdbe45-6ad1-4a10-ba8c-818dde17515e

Spiegel, M. R., & Stephens, L. J. (2017). Estadística (4.ª ed.). McGraw-Hill Interamericana. (Trabajo original publicado en 2009)

St. Leger, R. J., Joshi, L., Bidochka, M. J., Rizzo, N. W., & Roberts, D. W. (1996). Biochemical characterization and ultrastructural localization of two extracellular trypsins produced by *Metarhizium anisopliae* in infected insect cuticles. *Applied and Environmental Microbiology*, *62*(4), 1257–1264. https://doi.org/10.1128/aem.62.4.1257-1264.1996

Suarez Quintero, J. E., & Suarez Quintero, L. J. (2020). *Efectividad del hongo Beauveria bassiana en trampas para el manejo del picudo del cultivo de plátano (Cosmopolites sordidus: Coleoptera–Curculionidae) en Tonalá–Chinandega* [Tesis de ingeniería, Universidad Nacional Agraria]. Repositorio Institucional UNA. https://repositorio.una.edu.ni/4075/

Tinzaara, W., Gold, C. S., Dicke, M., van Huis, A., Nankinga, C. M., & Ragama, P. E. (2007). The use of aggregation pheromone to enhance dissemination of *Beauveria bassiana* for the control of the banana weevil in Uganda. *Biocontrol Science and Technology, 17*(2), 111–124. https://doi.org/10.1080/09583150600937089

Treverrow, N., & De La Rosa, W. (1995). El control biológico del picudo negro del plátano (Cosmopolites sordidus) mediante hongos entomopatógenos. Red Internacional para el

Mejoramiento del Banano y el Plátano (INIBAP). https://www.musalit.org/seeMore.php?id=3812

Twesigye, C. K., Ssekatawa, K., Kiggundu, A., Matovu, E., & Karamura, E. (2018). *Corm damage caused by banana weevils Cosmopolites sordidus (Germar) collected from different banana growing regions in Uganda*. *Agriculture & Food Security, 7*, Article 73. https://doi.org/10.1186/s40066-018-0224-y

Vega, F. E., Goettel, M. S., Blackwell, M., Chandler, D., Jackson, M. A., Keller, S., Koike, M., Maniania, N. K., Monzón, A., Ownley, B. H., Pell, J. K., Rangel, D. E. N., & Roy, H. E. (2009). Fungal entomopathogens: new insights on their ecology. *Fungal Ecology*, 2(4), 149–159. https://doi.org/10.1016/j.funeco.2009.05.001

Zimmermann, G. (2007). Review on safety of the entomopathogenic fungi Beauveria bassiana and Beauveria brongniartii. Biocontrol Science and Technology, 17(5–6), 553–596. https://doi.org/10.1080/09583150701309006

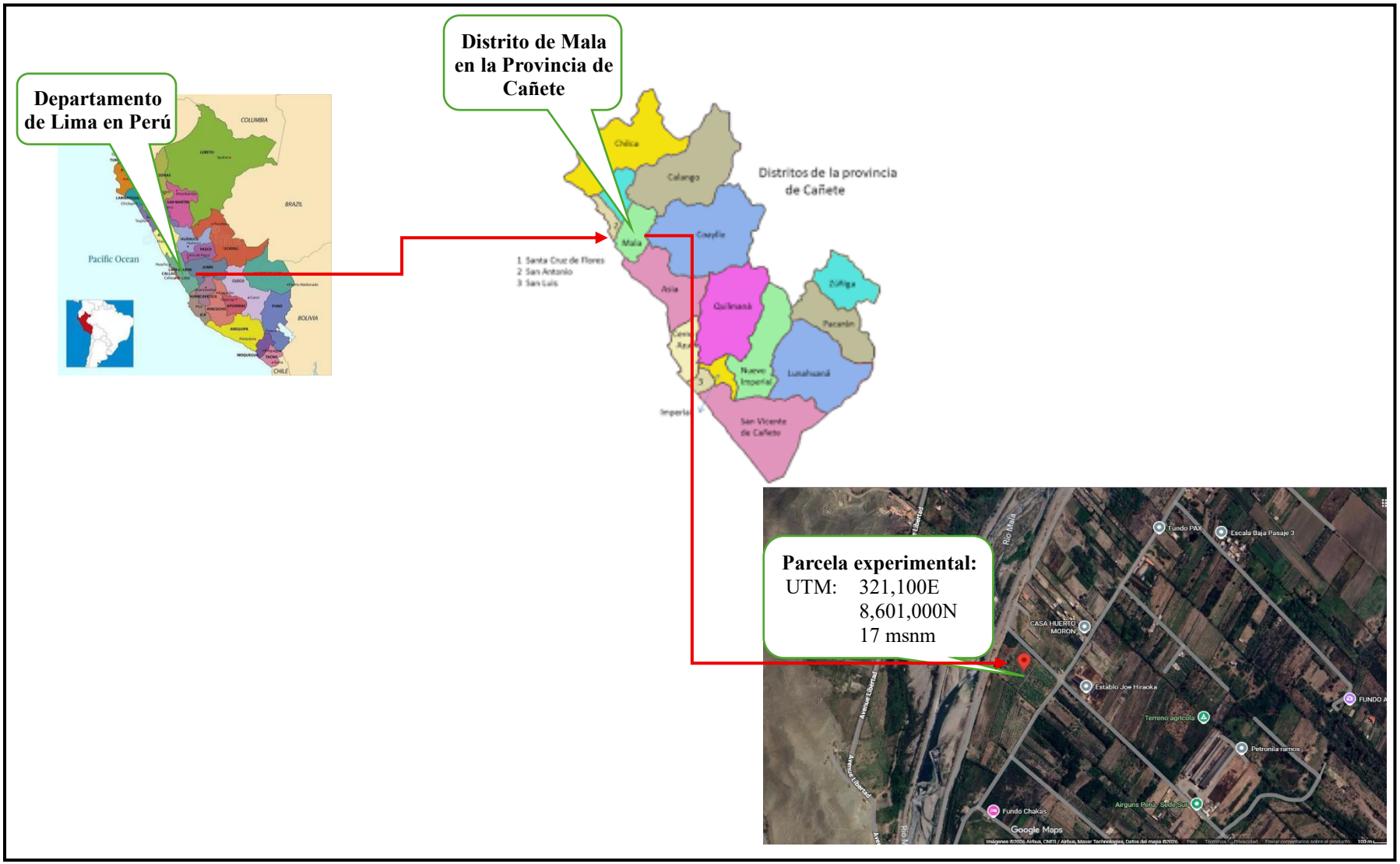
X. ANEXOS

Anexo 1. Matriz de consistencia

"Aplicación de *Beauveria bassiana* y *Metarhizium anisopliae* para el control del picudo negro (*Cosmopolites sordidus*) en plantaciones de plátano del distrito de Mala"

PROBLEMA	OBJETIVO	HIPÓTESIS	VARIABLES	DIMENSIONES	INDICADORES	ESCALA	METODOLOGÍA
Problema general ¿Qué efecto tendrán la aplicación de *Beauveria bassiana* y *Metarhizium anisopliae* en el control de picudo negro (*Cosmopolites sordidus*) en las plantaciones de plátano del distrito de Mala?	**Objetivo general** Determinar el efecto de las aplicaciones de *Beauveria bassiana* y *Metarhizium anisopliae* en el control de picudo negro (*Cosmopolites sordidus*) en las plantaciones de plátano del distrito de Mala.	**Hipótesis general** Las aplicaciones de *Beauveria bassiana y Metarhizium anisopliae* tienen efecto significativo en el control del picudo negro (*Cosmopolites sordidus*) en las plantaciones de plátano del distrito de Mala.	**Variable independiente:** Aplicación de *Beauveria bassiana y Metarhizium anisopliae*	Dosis volumétrica de *M. anisopliae* y *B. bassiana*	• Dosis alta 5 m l / L • Dosis media 2.5 ml/L • Dosis baja 1.75 ml/L	T1. 1.75 ml/L *Bb&Ma* T2. 2.5 ml/L *Bb&Ma* T3. 5 ml/L *Bb&Ma* T4. 1.75 ml/L *Ma* T5. 2.5 ml/L *Ma* T6. 5 ml/L *Ma* T7. 1.75 ml/L *Bb* T8. 2.5 ml/L *Bb* T9. 5 ml/L *Bb* T10. Testigo	**Tipo de investigación**: De enfoque cuantitativo, aplicada, transversal **Diseño de investigación**: De post test con grupo control. Experimental puro, de corte transversal en diseño experimental DCA con 10 tratamientos y 6 repeticiones, tiene el modelo lineal: Yij= μ + Ti + Eij **Nivel de investigación:** Explicativo **Técnicas e instrumentos para la recolección de datos**: De observación directa y sistemática. **Población y muestra:** **Población:** 1500 plantas de plátano **Muestra:** 900 plantas de plátano. **Estadísticas** Para la normalidad se utilizó Kolmorogov Sminrnov ($p > 0,05$), para la homogeneidad de variables Levene ($p > 0,05$), para la prueba de hipótesis Kruskal Wallis y para el análisis post hoc la prueba de Dunn (Sig.<0.05). Además, se utilizó los estadísticos de medida de tendencia central, dispersión y gráficos. Para la redacción se utilizó el software Word las citas en el software Mendeley y en el estilo APA 7
Problemas específicos ¿Cómo varía la eficacia del control del picudo negro (*Cosmopolites sordidus*) con diferentes dosis volumétricas de *Beauveria bassiana* y *Metarhizium anisopliae* en las plantaciones de plátano del distrito de Mala?	**Objetivos específicos** Evaluar la eficacia de control del picudo negro (*Cosmopolites sordidus*) según diferentes dosis volumétricas de *Beauveria bassiana* y *Metarhizium anisopliae*.	**Hipótesis específicas** Las dosis volumétricas más altas de *Beauveria bassiana* y *Metarhizium anisopliae* reducirán la población del picudo negro (*Cosmopolites sordidus*) de manera más eficaz que las dosis volumétricas más bajas.	**Variable dependiente:** Control de *Cosmopolites sordidus*	Eficacia de control	• Porcentaje de eficiencia de control • Porcentaje de mortalidad de *Cosmopolites sordidus*	%	
¿Cuál es el tiempo de respuesta del control del picudo negro (*Cosmopolites sordidus*) después de las diferentes dosis de *Beauveria bassiana* y *Metarhizium anisopliae* en las plantaciones de plátano?	Medir el tiempo de respuesta del control del picudo negro (*Cosmopolites sordidus)* tras la diferentes dosis de *Beauveria bassiana* y *Metarhizium anisopliae*.	El tiempo de respuesta para el control del picudo negro (*Cosmopolites sordidus*) disminuye al aumentar la dosis volumétrica de *Beauveria bassiana* y *Metarhizium anisopliae* en su aplicación líquida.		Tiempo de respuesta hasta la aparición de signos de mortalidad o infección	• Horas o días hasta la primera observación de mortalidad o signos visibles, movimiento erráticos decoloración.	Días desde aplicación	
¿Cómo influyen las aplicaciones de *Beauveria bassiana* y *Metarhizium anisopliae* en la reducción de la incidencia y severidad del daño causado por el picudo negro (*Cosmopolites sordidus*) en las plantaciones de plátano del distrito de Mala?	Analizar el efecto de las aplicaciones de *Beauveria bassiana* y *Metarhizium anisopliae* sobre la incidencia y severidad del daño causado por el picudo negro (*Cosmopolites sordidus*).	Las aplicaciones de *Beauveria bassiana* y *Metarhizium anisopliae* reducen significativamente la incidencia y la severidad del daño causado por el picudo negro (*Cosmopolites sordidus*) en las plantaciones de plátano del distrito de Mala.		Incidencia y severidad del daño causado por el picudo negro (*Cosmopolites sordidus)*	• Porcentaje de incidencia • Índice de severidad de daño (%)	%	

Anexo 2. Mapa de ubicación



Anexo 3. Registro de campo o ficha de evaluación

Variable	**Tratamientos**																																	
	Tratamiento 1						**Tratamiento 2**						**Tratamiento 3**						**Tratamiento 4**						**……..**						**Tratamiento 10 (testigo)**					
N.º de repeticiones	1	2	3	4	5	6	1	2	3	4	5	6	1	2	3	4	5	6	1	2	3	4	5	6	1	2	3	4	5	6	1	2	3	4	5	6
Mortalidad (%)																																				
Eficiencia de control (%)																																				
Tiempo de respuesta hasta la aparición de signos de mortalidad o infección																																				
Incidencia (%)																																				
Severidad del daño (%)																																				

Anexo 4. Base de datos

N° de picudos vivos	Mortalidad (%)	Eficiencia de control (%)	Tiempo de respuesta (días)	Incidencia (%)	Severidad (%)	Tratamientos
13	53.57	28.64	9.00	46.67	41.67	1
12	57.14	32.22	10.00	40.00	41.67	1
13	53.57	28.64	9.00	46.67	23.33	1
12	57.14	32.22	11.00	46.67	41.67	1
13	53.57	28.64	10.00	46.67	23.33	1
12	57.14	32.22	9.00	46.67	41.67	1
14	50.00	25.06	9.00	53.33	36.67	2
13	53.57	28.64	8.00	60.00	31.67	2
15	46.43	21.48	9.00	53.33	31.67	2
14	50.00	25.06	7.00	60.00	31.67	2
14	50.00	25.06	8.00	60.00	31.67	2
13	53.57	28.64	9.00	53.33	31.67	2
8	71.43	46.54	9.00	66.67	26.67	3
9	67.86	42.96	7.00	46.67	26.67	3
8	71.43	46.54	8.00	40.00	26.67	3
9	67.86	42.96	7.00	53.33	26.67	3
9	67.86	42.96	6.00	53.33	26.67	3
8	71.43	46.54	8.00	40.00	26.67	3
3	89.29	64.45	18.00	20.00	53.33	4
3	89.29	64.45	20.00	26.67	48.33	4
3	89.29	64.45	22.00	20.00	53.33	4
3	89.29	64.45	19.00	26.67	48.33	4
3	89.29	64.45	24.00	20.00	53.33	4
3	89.29	64.45	25.00	20.00	53.33	4
4	85.71	60.87	25.00	46.67	66.67	5
5	82.14	57.29	18.00	40.00	66.67	5
4	85.71	60.87	25.00	46.67	73.33	5
4	85.71	60.87	20.00	46.67	66.67	5
4	85.71	60.87	21.00	46.67	66.67	5
4	85.71	60.87	20.00	46.67	66.67	5
6	78.57	53.71	18.00	33.33	35.00	6
5	82.14	57.29	18.00	40.00	35.00	6
6	78.57	53.71	20.00	33.33	41.67	6
6	78.57	53.71	17.00	33.33	35.00	6
6	78.57	53.71	26.00	33.33	35.00	6
6	78.57	53.71	18.00	33.33	35.00	6
8	71.43	46.54	9.00	66.67	53.33	7
9	67.86	42.96	10.00	60.00	48.33	7

8	71.43	46.54	11.00	73.33	53.33	7
9	67.86	42.96	9.00	66.67	48.33	7
8	71.43	46.54	10.00	66.67	53.33	7
8	71.43	46.54	9.00	66.67	53.33	7
7	75.00	50.13	9.00	86.67	41.67	8
6	78.57	53.71	7.00	86.67	40.00	8
7	75.00	50.13	8.00	93.33	35.00	8
6	78.57	53.71	9.00	86.67	41.67	8
7	75.00	50.13	7.00	93.33	41.67	8
6	78.57	53.71	8.00	93.33	40.00	8
3	89.29	64.45	9.00	66.67	35.00	9
3	89.29	64.45	6.00	73.33	35.00	9
4	85.71	60.87	7.00	66.67	35.00	9
3	89.29	64.45	8.00	66.67	40.00	9
3	89.29	64.45	6.00	66.67	35.00	9
4	85.71	60.87	7.00	66.67	35.00	9
20	28.57	3.58	30.00	86.67	56.67	10
18	35.71	10.74	30.00	93.33	56.67	10
22	21.43	.00	30.00	86.67	48.33	10
23	17.86	.00	30.00	93.33	45.00	10
24	14.29	.00	30.00	93.33	51.67	10
19	32.14	7.16	30.00	100.00	45.00	10

Nota: 1. T1: 1.75 ml/L Bb&Ma; 2. T2: 2.5 ml/L Bb&Ma; 3. T3. 5 ml/L Bb&Ma; 4. T4: 1.75 ml/L Ma; 5. T5: 2.5 ml/L Ma; 6. T6: 5 ml/L Ma; 7. T7: 1.75 ml/L Bb; 8. T8: 2.5 ml/L Bb; 9. T9: 5 ml/L Bb y 10. T10: Testigo. El número de picudos vivos para Vtgo=28 y 25% de mortalidad.

Memoria de cálculo:

El porcentaje de mortalidad se realizó mediante la fórmula corregida de Abbott:

$$Mortalidad\ \% = (\frac{Vtgo - Vtr}{Vto})x100$$

Donde Vtr es el número de adultos vivos en las unidades experimentales con tratamiento, Vtgo es el número de adultos vivos en las unidades experimentales testigo: Por ejemplo, se registró 28 picudos vivos en el testigo y 13 picudos vivos en T1R1 entonces: $Mortalidad\ \% = (\frac{28-13}{28})x100$ = 53.57%

Para 12 picudos vivos T1R2 se tiene: $Mortalidad\ \% = (\frac{28-12}{28})x100$ = 57.14%, así sucesivamente.

Anexo 5. Prueba de normalidad y homogeneidad de varianzas

Prueba de normalidad mediante Kolmogorov-Smirnov para una muestra

		Porcentaje de mortalidad de *C. sordidus*	Eficiencia de control	Días de aplicación hasta muerte	Porcentaje de incidencia	Porcentaje de severidad
N		60	60	60	60	60
Parámetros normales[a,b]	Media	68,9287	44,3970	14,2667	57,1117	42,8340
	Desviación estándar	19,52078	18,64932	7,92308	21,96945	12,33235
Máximas diferencias extremas	Absoluta	,178	,169	,272	,133	,138
	Positivo	,148	,141	,272	,133	,138
	Negativo	-,178	-,169	-,148	-,111	-,073
Estadístico de prueba		,178	,169	,272	,133	,138
Sig. asintótica (bilateral)		,000[c]	,000[c]	,000[c]	,010[c]	,006[c]

a. La distribución de prueba es normal.

b. Se calcula a partir de datos.

c. Corrección de significación de Lilliefors.

Prueba de homogeneidad de varianza[a,b,c,d]

		Estadístico de Levene	df1	df2	Sig.
Porcentaje de mortalidad de *C. sordidus*	Se basa en la media	12,596	8	45	,000
	Se basa en la mediana	8,573	8	45	,000
	Se basa en la mediana y con gl ajustado	8,573	8	20,858	,000
	Se basa en la media recortada	12,385	8	45	,000
Eficiencia de control	Se basa en la media	3,007	8	45	,009
	Se basa en la mediana	1,808	8	45	,101
	Se basa en la mediana y con gl ajustado	1,808	8	22,400	,129
	Se basa en la media recortada	3,048	8	45	,008
	Se basa en la media	3,880	8	45	,002

Días de aplicación hasta la muerte	Se basa en la mediana	1,627	8	45	,144
	Se basa en la mediana y con gl ajustado	1,627	8	12,336	,213
	Se basa en la media recortada	3,574	8	45	,003
Porcentaje de incidencia	Se basa en la media	3,023	9	50	,006
	Se basa en la mediana	2,596	9	50	,015
	Se basa en la mediana y con gl ajustado	2,596	9	29,782	,024
	Se basa en la media recortada	3,051	9	50	,005
Porcentaje de severidad	Se basa en la media	8,828	8	45	,000
	Se basa en la mediana	1,360	8	45	,240
	Se basa en la mediana y con gl ajustado	1,360	8	11,033	,311
	Se basa en la media recortada	7,574	8	45	,000

a. Porcentaje de mortalidad de *C. sordidus* es constante cuando dosis de *M. anisopliae* y *B. bassiana* = T4. 1.75 ml/L Ma. Se ha omitido.

b. Eficiencia de control es constante cuando dosis de *M. anisopliae* y *B. bassiana* = T4. 1.75 ml/L Ma. Se ha omitido.

c. Dias de aplicación hasta la muerte es constante cuando dosis de *M. anisopliae* y *B. bassiana* = T10. Testigo. Se ha omitido.

d. Porcentaje de severidad es constante cuando dosis de *M. anisopliae* y *B. bassiana* = T3. 5 ml/L Bb&Ma. Se ha omitido.

Anexo 6. Panel fotográfico

Identificación del insecto plaga



Nota. **A), B)** Corte de planta con daño de *Cosmopolites sordidus*, **C)** Visualización del picudo negro como insecto plaga.

Preparación de Trampas

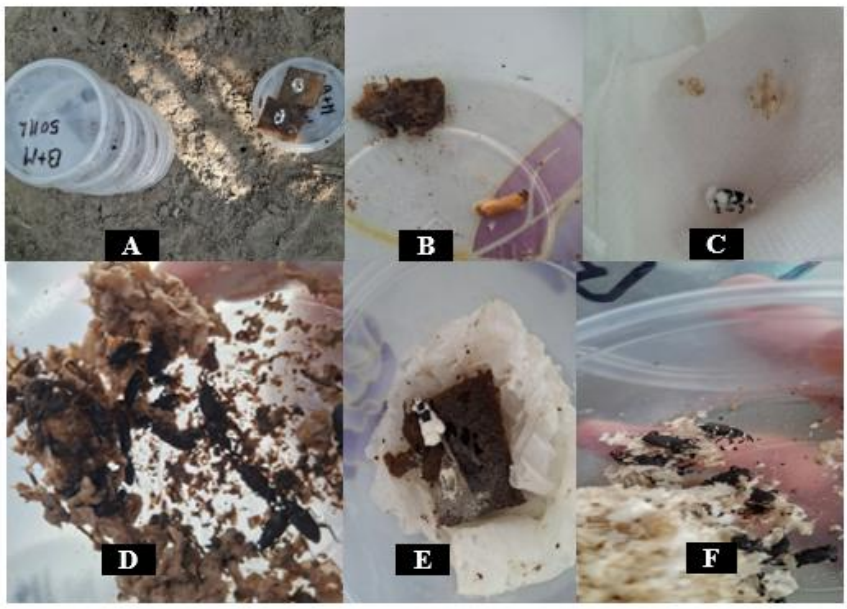


Aplicación de Entomopatógeno



Nota: **A)** Entomopatógenos empleados en el estudio: (BAUTAB y META). **B)** Distribución de los tratamientos en las unidades experimentales, identificadas como T1, T2, …, T10, según el tipo de entomopatógeno

Recolección de insectos plaga.



Nota: **A**) Recolección de insecto plaga, donde encontramos a *Metamasius hemipterus* con daño similar, pero no idéntico a *Cosmopolites sordidus*, B) *Cosmopolites sordidus* en Etapa larva, C) Aparición de las esporas del entomopatógeno, D) *Cosmopolites sordidus* en un estado de letargo y muertos, E) *Cosmopolites sordidus* con mayor desarrollo de esporas superficiales en su cutícula.

Observación de *Cosmopolites sordidus* en el estereoscopio



Nota: se observaron acumulaciones pulverulentas de aspecto algodonoso, indicando el desarrollo activo del patógeno sobre la superficie del insecto. La cutícula presentaba signos de deterioro y recubrimiento parcial por estructuras fúngicas, lo cual indica que el hongo logró penetrar y desarrollarse internamente hasta emerger al exterior



Anexo 7. Prueba de similitud (Turnitin)

TESIS FINAL.pdf

INFORME DE ORIGINALIDAD

19%	18%	7%	6%
INDICE DE SIMILITUD	FUENTES DE INTERNET	PUBLICACIONES	TRABAJOS DEL ESTUDIANTE

FUENTES PRIMARIAS

1	repositorio.undc.edu.pe Fuente de Internet	2%
2	repositorio.uleam.edu.ec Fuente de Internet	1%
3	web.undc.edu.pe Fuente de Internet	1%
4	repositorio.una.edu.ni Fuente de Internet	1%
5	www.repositorio.usac.edu.gt Fuente de Internet	1%
6	Submitted to Universidad Nacional de Cañete Trabajo del estudiante	1%
7	repositorio.uteq.edu.ec Fuente de Internet	1%
8	hdl.handle.net Fuente de Internet	<1%
9	link.springer.com Fuente de Internet	<1%
10	repositorio.unjfsc.edu.pe Fuente de Internet	<1%
11	1f3597e6-b501-47d3-b722-1011e4b092b0.filesusr.com Fuente de Internet	<1%
12	repositorio.unc.edu.pe Fuente de Internet	<1%
13	www.slideshare.net Fuente de Internet	<1%
14	Submitted to Universidad Nacional de Tumbes Trabajo del estudiante	<1%
15	dspace.espoch.edu.ec Fuente de Internet	<1%