



UNIVERSIDAD DE PANAMÁ
VICERRECTORÍA DE INVESTIGACIÓN Y POSTGRADO
FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS
PROGRAMA DE MAESTRÍA EN CIENCIAS AGRÍCOLAS CON ÉNFASIS EN
PROTECCIÓN VEGETAL
DEPARTAMENTO DE PROTECCIÓN VEGETAL

**“EVALUACIÓN DE DIFERENTES PRINCIPIOS ACTIVOS CON EFECTO
FUNGICIDA EN EL CONTROL DE LA ANTRACNOSIS DEL ÑAME (*Dioscorea
alata* L.) VARIEDAD BABOSO EN LA PROVINCIA DE DARIÉN”**

ZANETH MASSIEL SÁNCHEZ ROMERO

C.I.P. 8-923-2005

**TESIS DE MAESTRÍA PRESENTADO COMO UNO DE LOS REQUISITOS
PARA OBTENER EL GRADO DE MAESTRO EN CIENCIAS AGRÍCOLAS CON
ÉNFASIS EN PROTECCIÓN VEGETAL**

PANAMÁ, REPÚBLICA DE PANAMÁ

2025

APROBACIÓN

UNIVERSIDAD DE PANAMÁ
VICERRECTORÍA DE INVESTIGACIÓN Y POSTGRADO
FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS
PROGRAMA DE MAESTRÍA EN CIENCIAS AGRÍCOLAS CON ÉNFASIS EN
PROTECCIÓN VEGETAL

ZANETH MASSIEL SÁNCHEZ ROMERO

C.I.P. 8-923-2005

“EVALUACIÓN DE DIFERENTES PRINCIPIOS ACTIVOS CON EFECTO
FUNGICIDA EN EL CONTROL DE LA ANTRACNOSIS DEL ÑAME (*Dioscorea
alata* L.) VARIEDAD BABOSO EN LA PROVINCIA DE DARIÉN”

COMITÉ EVALUADOR:

EDDY E. BARRAZA Ph. D.


DIRECTOR

GABRIEL HERNÁNDEZ M. Sc.


ASESOR

DIÓGENES MORA M. Sc.


ASESOR

EDDY E. BARRAZA Ph. D.


COORDINADOR DE LA
MAESTRÍA

PANAMÁ, REPÚBLICA DE PANAMÁ
2025

DEDICATORIA

A Dios, por brindarme salud y sabiduría en este camino, permitiéndome culminar con éxito esta etapa de mi vida.

A mis padres, Norelis y Ariel, por su amor incondicional, apoyo constante y sacrificios que me han permitido llegar hasta aquí. Gracias por ser mi inspiración y enseñarme el verdadero valor del esfuerzo y la perseverancia.

A mi hermano, Alex Ariel, por estar siempre a mi lado en los momentos buenos y difíciles. Su compañía y cariño han sido fundamentales en este viaje.

A mis amigos y demás familiares, por su comprensión y por ofrecerme momentos de alegría y distracción que han sido esenciales para mantener el equilibrio durante este arduo proceso.

Y, finalmente, a mí querido tío Fulvio (Q.E.P.D.), por su amor incondicional y por creer en mí incluso en mis momentos de duda. Su apoyo siempre será recordado con gratitud.

Zaneth.

AGRADECIMIENTOS

En primer lugar, a mi director de tesis el Dr. Eddy Barraza, por su invaluable guía, paciencia y apoyo constante a lo largo de este proceso. Su experiencia y consejos han sido fundamentales para el desarrollo de este trabajo.

A mis profesores y compañeros de la Universidad de Panamá, quienes con sus enseñanzas y colaboración han enriquecido mi formación académica y personal. Agradezco especialmente a Fernando, Rubén y Abdiel por su ayuda en momentos cruciales y por compartir sus conocimientos conmigo.

A mi familia, por su amor incondicional, comprensión y apoyo en todo momento. De manera especial a mi tío Yuvi, mi tío Erick y a mi primo Alexis, quienes me acompañaron en todo el trabajo de campo.

Finalmente, agradezco a los agricultores de Darién, quienes con su arduo trabajo y compromiso contribuyen al desarrollo agrícola de nuestra región. Espero que los hallazgos de esta investigación puedan ser útiles para mejorar el manejo del cultivo de ñame en sus comunidades.

Zaneth.

ÍNDICE GENERAL

Índice de cuadros.....	IX
Índice de gráficas y figuras.....	X
Resumen.....	1
Summary.....	2
1.0 INTRODUCCIÓN.....	3
2.0 REVISIÓN DE LITERATURA.....	5
2.1 El cultivo de ñame (<i>Dioscorea alata</i> L.).....	5
2.1.2 Taxonomía del ñame.....	6
2.1.3 Descripción fenológica.....	6
2.2 La antracnosis del ñame.....	9
2.2.1 Biología de <i>Colletotrichum</i> spp.....	10
2.2.2 Epidemiología de la antracnosis.....	11
2.2.3 Sintomatología de la antracnosis en el ñame.....	11
2.2.4 Medidas de manejo para la antracnosis en el ñame.....	13
2.3 Descripción de fungicidas utilizados.....	15
2.3.1 Carbendazim.....	15
2.3.2 Metil-Tiofanato.....	16

2.3.3 Boscalid.	16
2.3.4 Pyraclostrobin.	17
2.3.5 <i>Trichoderma harzianum</i>	17
2.4 Estudios previos sobre el uso de principios activos fungicidas y agentes biológicos en el control de la antracnosis en ñame.....	18
3.0 ASPECTOS METODOLÓGICOS.....	21
3.1 Descripción del área de estudio.	21
3.2 Aspectos climáticos de la zona del ensayo.....	21
3.3 Materiales utilizados.	23
3.3.1 Semilla de ñame.	23
3.3.2 Principios activos evaluados.....	23
3.3.3 Equipo de aplicación.	25
3.4 Diseño experimental.	26
3.5 Establecimiento del ensayo.	28
3.5.1 Preparación del terreno.....	28
3.5.2 Picado y tratamiento de la semilla.	29
3.5.3 Siembra.....	31
3.5.4 Aspersiones foliares con fungicidas.....	31
3.5.5 Tutorado.....	32
3.6 Variables evaluadas.....	33

3.6.1 Variables climáticas.	33
3.6.1.1 Humedad relativa y temperatura.	33
3.5.1.2 Precipitación.....	34
3.6.2 Evaluación de la incidencia y la severidad.	35
3.6.2.1 Incidencia.	35
3.6.2.2 Severidad.....	35
3.7 Análisis estadístico.....	37
4.0 RESULTADOS Y DISCUSIÓN.	38
4.1 Variables climáticas.	38
4.1.1 Humedad relativa y temperatura.	38
4.1.2 Precipitación.	39
4.2 Incidencia.	39
4.3 Severidad.	43
5.0 CONCLUSIONES.....	52
6.0 RECOMENDACIONES.....	55
7.0 REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	56

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro N°1. Características de los principios activos fungicidas utilizados.....	24
Cuadro N°2. Dosis de fungicida utilizado por litro de agua en el tratamiento de semilla.....	30
Cuadro N°3. Porcentaje de incidencia de antracnosis registrado durante las evaluaciones realizadas en los 5 tratamientos.....	40
Cuadro N°4. Valores de severidad promedio de los tratamientos evaluados... ..	44
Cuadro N°5. Análisis de varianza para los valores de severidad.....	45
Cuadro N°6. Prueba de comparación de medias utilizando el test de Duncan.....	46

ÍNDICE DE GRÁFICAS Y FIGURAS

Gráficas:

Gráfica 1. Promedios de mediciones de HR y temperatura °C durante la ejecución del proyecto.....	38
Gráfica 2. Medidas de la cantidad de lluvia obtenida durante el tiempo de ejecución del proyecto.....	39
Gráfica 3. Progreso de la enfermedad a través del tiempo de acuerdo a los datos de incidencia.....	41
Gráfica 4. Intensidad de la enfermedad representada a través de un gradiente de la enfermedad.....	42
Gráfica 5. Representación gráfica de la severidad promedio en los diferentes tratamientos.....	45

Figuras:

Figura 1. Fases fenológicas del cultivo de ñame (Variedad baboso), desde la latencia (A), emergencia (B), desarrollo vegetativo (C), desarrollo de tubérculos (D), madurez fisiológica (E) y cosecha de tubérculos (F).....	9
Figura 2. Síntomas en hojas y tallos típicos de la antracnosis, presentándose lesiones irregulares o circulares en las hojas con halo amarillo que dan la impresión de quemazón.....	12

Figura 3. Mapa de la República de Panamá y la ubicación del ensayo dentro de la provincia de Darién.....	22
Figura 4. Ubicación de la finca donde se realizó el ensayo en la localidad de Altos del cristo, Corregimiento de Zapallal, distrito de Santa Fe, Provincia de Darién.....	22
Figura 5. Tubérculos utilizados como semilla para la realización del ensayo.....	23
Figura 6. Presentación comercial del grupo de fungicidas utilizados durante la realización del ensayo. Biocarben 50 SC (A), Cycosin 50 SC (B), Bellis 38 WG (C) y Bioreach (D).....	25
Figura 7. Bomba rociadora de 7 litros.....	26
Figura 8. Esquema de la distribución espacial de todos los tratamientos en campo.....	27
Figura 9. Esquema de la distribución de siembra por unidad experimental o parcela con su densidad de siembra, cada punto en celeste representa una semilla sembrada.....	28
Figura 10. Terreno seleccionado para el establecimiento del ensayo (A) y labranza mínima del terreno antes de la siembra (B).....	29
Figura 11. Picado de la semilla (A), selección de la semilla (B), inmersión de la semilla en el tratamiento (C) y secado de la semilla (D).....	30
Figura 12. Siembra de la semilla del ñame de manera manual.....	31
Figura 13. Preparación de la mezcla para la aspersion foliar (A) y aplicación con la bomba rociadora (B).....	32

Figura 14. Tutorado del ñame, con tutores de 2.50 metros e hilo bananero.....	33
Figura 15. Mini-higrómetro electrónico digital de la marca Pgzsy para medir humedad y temperatura.....	34
Figura 16. Escala diagramática para evaluar la severidad de la antracnosis en campo.....	36
Figura 17. Laboratorio y equipo utilizado para diagnóstico.....	37
Figura 18. Conidias de <i>Colletotrichum</i> spp vistas en microscopio.....	43

RESUMEN

El cultivo de ñame es crucial en Panamá, especialmente en Darién, donde representa una fuente importante de ingresos y empleo. Sin embargo, enfrenta desafíos fitosanitarios, especialmente la antracnosis, enfermedad causada por hongos del género *Colletotrichum*, que puede provocar pérdidas significativas en la producción. El objetivo principal del estudio fue evaluar la efectividad de cuatro principios activos fungicidas (tres sintéticos y uno biológico), en el control de la antracnosis del ñame, con un enfoque específico en la variedad "baboso", conocida por su alta susceptibilidad a esta enfermedad. Se realizó un diseño de bloques completamente al azar (BCA) en campo, donde se aplicaron diferentes tratamientos con los fungicidas seleccionados. Se evaluaron variables climáticas, así como la incidencia y severidad de la enfermedad en las plantas tratadas. Los resultados demostraron que el tratamiento con carbendazim (T1) mostró ser el más efectivo, reduciendo significativamente la incidencia y severidad de la antracnosis. La combinación de Boscalid + Pyraclostrobin (T3) también demostró buenos resultados. *Trichoderma harzianum* (T4), aunque es un fungicida biológico, no mostró eficacia significativa en el control de la enfermedad y, además, causó daños en el follaje debido a su formulación oleosa.

Palabras claves: *Incidencia, severidad, enfermedad, variables climáticas, biológico.*

SUMMARY

Yam cultivation is crucial in Panama, especially in Darién, where it represents an important source of income and employment. However, it faces phytosanitary challenges, especially anthracnose, a disease caused by fungi of the *Colletotrichum* genus, which can cause significant production losses. The main objective of the study was to evaluate the effectiveness of four fungicidal active ingredients (three synthetic and one biological) in controlling yam anthracnose, with a specific focus on the "Baboso" variety, known for its high susceptibility to this disease. A completely randomized block (CRB) design was conducted in the field, where different treatments with the selected fungicides were applied. Climatic variables were evaluated, as well as the incidence and severity of the disease in the treated plants. The results showed that treatment with carbendazim (T1) proved to be the most effective, significantly reducing the incidence and severity of anthracnose. The combination of boscalid + pyraclostrobin (T3) also demonstrated good results. *Trichoderma harzianum* (T4), although a biological fungicide, did not show significant efficacy in controlling the disease and also caused damage to the foliage due to its oily formulation.

Keywords: *Incidence, severity, disease, climatic variables, biological.*

1.0 INTRODUCCIÓN.

El ñame (*Dioscorea alata* L.) es un tubérculo de amplia distribución en el territorio nacional, destacándose en la explotación de este rubro las provincias de Darién, Herrera, Veraguas, Chiriquí, Los Santos y Panamá Oeste. Dentro de las raíces y tubérculos que se cultivan en el país, el ñame ocupa el segundo lugar, solo superado por la papa. La explotación de este rubro se lleva a cabo por pequeños y medianos agricultores, generando ingresos económicos para los dueños de la plantación, además de empleos en el área rural y aportando la seguridad alimentaria del país (**Jiménez & Hernández, 2012**). Según datos del cierre agrícola 2022-2023 la provincia de Darién fue la mayor productora de ñame, con una participación del 54.0%, también retrata que a pesar de que la superficie sembrada ha aumentado en los últimos 5 años, siguen existiendo pérdidas atribuyéndose a los problemas fitosanitarios como la antracnosis, enfermedad que se han presentado en los últimos años y los altos costos de producción que genera el querer controlar estos problemas (**MIDA, 2023**).

En los últimos años el cultivo de ñame en la provincia de Darién ha venido enfrentando una serie de problemas fitosanitarios que ha llevado a una disminución en la productividad de este cultivo. Actualmente se ha centrado la atención en la antracnosis o quemazón cuyo agente causal es *Colletotrichum* spp (**Pinzón, 2014**). De las variedades cultivadas en la provincia, el ñame baboso tiene una mayor susceptibilidad a este hongo, además de que las condiciones climáticas favorecen el crecimiento y distribución de este dentro de las plantaciones. Los síntomas de esta enfermedad se manifiestan en tallo,

peciolo, hoja y tubérculo como lesiones necróticas que dan una apariencia quemada a la zona afectada; en el tejido foliar aparecen manchas, que pueden ser de formas regulares o irregulares, de color pardo-rojizo con halos cloróticos, lo que reduce la eficiencia fotosintética de la planta y ocasiona pérdidas en la producción, se estima que las pérdidas en el cultivo de ñame por esta enfermedad van del 85 al 90% (**Méndez *et al.*, 2013; Campo-Arana & Royet-Barroso, 2020**).

A pesar de que existen diferentes alternativas para el manejo de la enfermedad, se siguen presentando problemas debido a la variabilidad de los síntomas en campo, el desconocimiento por algunos productores de la antracnosis y la alta variabilidad genética de *Colletotrichum* (**Campo-Arana & Royet-Barroso, 2020**). El manejo integrado se considera la mejor alternativa para el manejo de la enfermedad en campo (**Campo *et al.*, 2022**), destacándose el uso de variedades resistentes, el uso de fungicidas y las prácticas culturales (**Campo & Pérez, 2015**).

Con este proyecto de investigación se busca evaluar la efectividad de 4 principios activos fungicidas, 3 de origen sintético y uno de origen biológico, en el control de la antracnosis o quemazón del ñame, específicamente en la variedad “baboso”; debido a que esta variedad es representativa de la región de Darién y es mayormente susceptible a esta enfermedad. Los resultados obtenidos en esta investigación contribuirán a generar información valiosa sobre el uso de fungicidas y su efectividad en el manejo de la enfermedad en campo, lo cual permitirá que los productores desarrollen planes específicos para enfrentar este problema fitosanitario.

2.0 REVISIÓN DE LITERATURA

2.1 El cultivo de ñame (*Dioscorea alata* L.)

El ñame es una planta tuberosa común en regiones tropicales y subtropicales con abundantes precipitaciones. Se considera uno de los cultivos de tubérculos más importantes en la economía agrícola mundial después de la papa, la yuca y la batata. Es la fuente más importante de ingresos y empleo en muchas áreas (Pinzón, 2014). Hay alrededor de 12 especies diferentes de *Dioscorea* que son comestibles, y de importancia alimentaria, destacándose unas pocas especies principales que se cultivan y consumen en diferentes partes del mundo (Campo-Arana & Royet-Barroso, 2020).

Las principales especies del género *Dioscorea* comúnmente utilizadas para consumo humano incluyen a: *D. rotundata* Poir., *D. cayenensis* Lam., *D. alata* L., *D. bulbifera* L., *D. esculenta* (Lour) Burk., *D. dumetorum* (Kunth) Pax., *D. trifida* L., *D. japonica* Thunb., *D. hispida* Dennst., y *D. opposita* Thunb (Calderón & León, 2018).

2.1.1 Origen y distribución.

El ñame (*Dioscorea alata* L.) es originario del sureste asiático. Este origen ha sido corroborado por varios estudios, que indican que la domesticación de esta especie ocurrió en esta región, con un centro de origen principal en lugares como Birmania (Myanmar) y también se sugiere que podría haber tenido un origen secundario en las islas de Indonesia. A lo largo de los siglos, *D. alata* L se ha dispersado a otras partes del mundo, incluyendo

África y América, donde se cultiva ampliamente (**Rodríguez, 2000**). Las especies *D. rotundata*, *D. cayenensis*, *D. bulbifera*, *D. dumetorum* son originarias de África Occidental. Mientras que la especie *D. trifida* es originaria de América (**Campo-Arana & Royet-Barroso, 2020**).

2.1.2 Taxonomía del ñame.

La taxonomía del ñame *Dioscorea alata* L. se clasifica de la siguiente manera:

- Reino: Plantae
- División: Angiospermae
- Clase: Monocotyledoneae
- Orden: Dioscoreales
- Familia: Dioscoreaceae
- Género: *Dioscorea*
- Especie: *Dioscorea alata* L. (publicada en *Species Plantarum* en 1753)

Es una planta trepadora que produce tubérculos comestibles y es ampliamente cultivada en regiones tropicales y subtropicales del mundo (**Achurra, 2018**).

2.1.3 Descripción fenológica.

Fenología es el estudio de la cronología de eventos biológicos recurrentes, las causas de esta cronología en relación con factores bióticos y abióticos y la interrelación entre fases de esta o diferentes especies. Bajo condiciones naturales, *D. alata* es una

planta anual que exhibe cinco fases designadas como reposo, emergencia, crecimiento vegetativo, crecimiento reproductivo y maduración. La planta completa estas fases en doce meses aproximadamente **(Rodríguez, 2000)**.

Las fases fenológicas del ñame *D. alata* L. se pueden dividir en cinco fases principales, cada una con características específicas:

- **Latencia o reposo:** Comprende desde la maduración del tubérculo hasta la ruptura del reposo, este periodo consta de aproximadamente 120 días **(Aguilar, 2014)**. La duración de la latencia puede variar según la variedad y las condiciones ambientales, como luz, humedad y temperatura. El periodo de latencia termina una vez que produce el brote del tubérculo (Figura 1A). Una forma económica que se puede utilizar para romper el periodo de latencia es someterla a sombra intencional **(Jiménez & Hernández, 2012)**.
- **Emergencia:** Con la ruptura del reposo, comienza la actividad meristemática de la corteza interna de los tubérculos y se produce el complejo nodal primario (CNP), del cual surgen posteriormente las raíces y los tubérculos, esto sucede una vez que la semilla es llevada a campo (Figura 1B). Esta etapa generalmente dura entre 15 y 25 días, durante los cuales las yemas activadas desarrollan tallos que requieren soporte para crecer **(Rodríguez, 2000; Jiménez & Hernández, 2012)**.
- **Desarrollo vegetativo e inicio de tuberización:** Comprende los cuatro meses posteriores a la germinación de la plántula, donde se alcanza la tasa máxima de crecimiento de la biomasa, durante este periodo se inicia el crecimiento de los

tubérculos (**Aguilar, 2014**). Durante este tiempo, la planta utiliza las reservas del tubérculo para desarrollar el sistema radicular y el complejo nodal primario. El crecimiento es inicialmente lento (2 primeros meses), pero a partir del tercer al quinto mes se acelera, alcanzando su máximo desarrollo (**Jiménez & Hernández, 2012**) (Figura 1C).

- **Desarrollo de tubérculos:** Los tubérculos se empiezan a desarrollar a partir del tercer mes, la formación del tubérculo es más evidente al quinto o sexto mes, dependerá mucho de la variedad sembrada y las condiciones climáticas de la zona. En esta fase se da el crecimiento máximo del tubérculo, mientras que la materia seca de hojas y tallos comienzan su declinación. Los fotosintatos producidos en las hojas se canalizan hacia los tubérculos, lo que puede debilitar el follaje y hacerlo más susceptible a plagas y enfermedades (**Pinzón, 2014**) (Figura 1D).
- **Madurez fisiológica de la planta y tubérculos:** Los tubérculos alcanzan su máximo tamaño y contenido de nutrientes. Es el momento óptimo para la cosecha. Es evidente la decadencia del follaje, observándose seco y en muchos casos un desprendimiento de la base del tallo con el tubérculo (**Pinzón, 2014**) (Figura 1E y 1F).

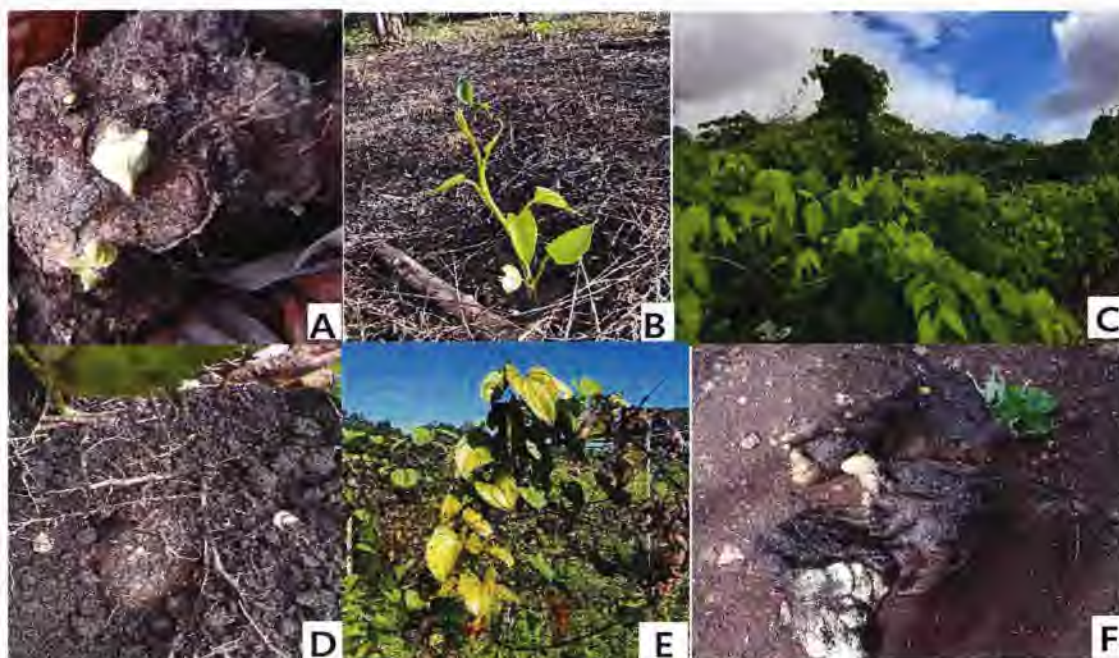


Figura 1. Fases fenológicas del cultivo de ñame (Variedad baboso), desde la latencia (A), emergencia (B), desarrollo vegetativo (C), desarrollo de tubérculos (D), madurez fisiológica (E) y cosecha de tubérculos (F).
Fuente: Sánchez, 2024.

2.2 La antracnosis del ñame.

Derivada de la palabra griega que significa "carbón", la antracnosis es el nombre común de una enfermedad de las plantas caracterizada por lesiones hundidas y muy oscuras que afectan hojas, tallos, flores o frutos; causada por *Colletotrichum* spp afectando a muchos cultivos causando grandes pérdidas en zonas tropicales y subtropicales. En el cultivo de ñame se presenta de manera endémica afectando principalmente a las especies criollas de *D. alata* en las que puede reducir hasta el 50% de los rendimientos sino se toman medidas preventivas (**Campo-Arana & Royet-Barroso, 2020**). En las plantas de ñame las lesiones crecen de manera irregular y se fusionan, lo que eventualmente conduce a la necrosis de las hojas. Otro síntoma de la

enfermedad es el oscurecimiento de los tallos y la muerte de las puntas, lo que eventualmente provoca la muerte de la planta. En algunos casos se produce necrosis del pecíolo, lo que produce defoliación, además de manchas oscuras en el tubérculo de ñame (Aguilar, 2021).

2.2.1 Biología de *Colletotrichum* spp.

La antracnosis es causada por un complejo de especies del género *Colletotrichum* como especies que interactúan en el patosistema, entre las cuales se han descrito *C. gloeosporioides*, *C. dematium*, *C. alatae*, *C. fructicola*, *C. theobromicola*, *C. truncatum* (Campo-Arana & Royet-Barroso, 2020).

El ciclo de vida de las especies de *Colletotrichum* incluye etapas reproductivas tanto sexual (teleomorfo) como asexual (anamorfo), las cuales pueden ocurrir en la planta huésped o en los restos de la planta. Los conidios una vez establecidos en la superficie del hospedero forman un tubo germinativo corto que transcurridas de 12 a 24 h inicia su diferenciación a apresorio; esta etapa es desencadenada por la síntesis de proteínas específicas en el patógeno inducidas por señalización de la planta hospedera. Infecciones originadas por ascosporas rara vez se presentan pues suelen ser poco eficientes energéticamente. Estos complejos ciclos de vida, la posibilidad de infección cruzada en múltiples especies hospedadoras y cambios en sus estilos de vida crean dificultades significativas en el manejo de la antracnosis. (Pinzón, 2014; De Silva *et al.*, 2017; Campo-Arana & Royet-Barroso, 2020).

2.2.2 Epidemiología de la antracnosis.

Los estudios sobre la fenología del ñame han demostrado que las epidemias se desarrollan al inicio de la etapa de la tuberización, cuando la enfermedad alcanza el 10% de incidencia y el 5% de severidad, especialmente en el genotipo criollo *D. alata* (Campo y Pérez, 2015).

Un estudio de las características temporales y espaciales de la antracnosis del ñame reveló que las epidemias comienzan como lesiones distribuidas al azar, desarrollan patrones espaciales y luego se fusionan para propagar el tizón de las hojas por todo el cultivo. Las tasas de progresión pueden alcanzar hasta 0,50 dependiendo del nivel de resistencia a los fungicidas del genotipo y del uso de fungicidas (Campo-Arana & Royet-Barroso, 2020).

La enfermedad se presenta en el campo óptimamente entre 25° y 30°C de temperatura y 90 y 100% de humedad relativa y la dispersión de las estructuras infecciosas se da principalmente por el salpique de agua de lluvia o viento (Monteón, 2012).

2.2.3 Sintomatología de la antracnosis en el ñame.

La literatura describe una variedad de síntomas asociados a antracnosis en ñame y por ende términos usados para definirlos; quemadura, tizón, mancha o punto necrótico, muerte regresiva, entre los más comunes.

Los síntomas iniciales aparecen en las nervaduras de las hojas, como pequeños puntos de color pardo rojizo con un halo amarillo, las lesiones crecen rápidamente sobre la lámina foliar causando necrosis y finalmente la caída de las hojas (**Campo, 2011**) (Figura 2). Evaluaciones realizadas a nivel de laboratorio y bajo condiciones controladas de inoculación en hojas de ñame con diferentes aislados de *Colletotrichum* spp., ha permitido desarrollar síntomas como los observados en campo que van desde la lesión típica que es una necrosis grande, marrón oscuro, coalescente, alta tasa de expansión; hasta lesiones puntuales, que consta de pequeños puntos de menos de dos mm de diámetro, negros, no coalescente (**Campo-Arana & Royet-Barroso, 2020**).



Figura 2. Síntomas en hojas y tallos típicos de la antracnosis, presentándose lesiones irregulares o circulares en las hojas con halo amarillo que dan la impresión de quemazón. Fuente: Sánchez, 2024.

2.2.4 Medidas de manejo para la antracnosis en el ñame.

La antracnosis del ñame se considera la enfermedad más común y el manejo integrado es la mejor estrategia que incluye la rotación de cultivos, el uso de semillas sanas, la eliminación de residuos de cultivos, el uso de variedades resistentes y, finalmente, el uso de fungicidas apropiados (**Campo-Arana & Royet-Barroso, 2020**).

Según se cita en la literatura las prácticas preventivas son las mejores herramientas para manejar la enfermedad dentro del campo cultivado, a continuación, se citan algunas recomendaciones para combatir la antracnosis (**Pinzón, 2014; Campo-Arana & Royet-Barroso, 2020**).

- **Uso de variedades resistentes:** La selección de genotipos con resistencia es una alternativa que se viene implementando en países productores. En las regiones tropicales el manejo de la antracnosis se ha realizado estableciendo genotipos de *D. alata* moderadamente resistentes a la enfermedad, siendo importante la identificación de nuevas fuentes de resistencia.

Entre los métodos para identificar la resistencia de los genotipos de ñame a la antracnosis, se emplea la inoculación en invernadero de toda la planta con una o varias cepas virulentas, la inoculación de hojas desprendidas en el laboratorio y la evaluación en campo donde la enfermedad es endémica (**Pinzón, 2014; Campo-Arana & Royet-Barroso, 2020**).

- **Uso de agentes biológicos:** No son muchos los reportes encontrados en esta revisión sobre el uso de biológicos para el manejo. De manera experimental se

han empleado microorganismos antagonistas, a nivel *in vitro*, se ha trabajado con los géneros *Trichoderma* y *Streptomyces*, los cuales han presentado un alto potencial para el control de la antracnosis del ñame (**Pinzón, 2014; Campo-Arana & Royet-Barroso, 2020**).

- **Prácticas culturales:** Estudios realizados en Puerto Rico, sugieren que siembras intercaladas de una especie de ñame *D. rotundata* resistente a la antracnosis con una especie de ñame *D. alata* susceptible a la antracnosis redujo la severidad de la enfermedad en la susceptible obteniendo una ganancia bruta significativa con respecto a las siembras de la variedad susceptible en monocultivo. Además de actividades de colocación de soporte o tutorado para reducir al mínimo el contacto de la planta con el suelo (**Pinzón, 2014; Campo-Arana & Royet-Barroso, 2020**).
- **Manejo químico:** A pesar de la existencia en el mercado de productos químicos para el manejo de la antracnosis, estos no son usados por los productores, siendo una de las causas de las pérdidas en la producción. Para combatir esta enfermedad se recomienda utilizar fungicidas de manera preventiva. Según estudios realizados el Carbendazin, Propiconazol y Propineb, fueron los de mayor eficacia en el control de la enfermedad en campo. Sin embargo, muchos estudios han mostrado la tendencia de este género a presentar resistencia a los fungicidas usados para el manejo de la antracnosis en ñame, debido a que posee una extraordinaria capacidad de adaptación y variabilidad genética elevada. (**Pinzón, 2014; Campo-Arana & Royet-Barroso, 2020**).

2.3 Descripción de fungicidas utilizados.

2.3.1 Carbendazim.

El carbendazim es un miembro del grupo de los benzimidazoles, que es 2-aminobenzimidazol en el que el grupo amino primario está sustituido por un grupo metoxicarbonilo. Es un fungicida de origen sintético, su nombre químico es metil 1H-benzimidazol-2-ilcarbamato. Fue desarrollado en la década de 1970 y ha sido ampliamente utilizado en la agricultura debido a su eficacia contra un amplio rango de hongos patógenos. Actúa de modo sistémico con actividad curativa y protectora. Generalmente se suministra como un concentrado soluble que se mezcla con agua y se aplica como un aerosol, se usa como un baño o una inmersión previa a la siembra **(PPDB, 2024)**. El carbendazim controla ascomycetes y basidiomycetes, en una amplia variedad de cultivos, incluidos plátanos, cereales, algodón, frutas, uvas, hongos, plantas ornamentales, maní, remolacha azucarera, soja, tabaco y verduras. El carbendazim se absorbe a través de las raíces y los tejidos verdes. Actúa inhibiendo la síntesis de beta-tubulina, inhibiendo el desarrollo de los tubos germinativos y el crecimiento de micelios. Es compatible con la mayoría de los insecticidas. Se utiliza para el control de varias enfermedades, que incluyen; el tizón de la vaina, la mancha marrón, el mildiú polvoroso, la sarna, la antracnosis y las enfermedades de las manchas foliares en varios cultivos **(NCBI, 2024)**.

2.3.2 Metil-tiofanato.

El metil-tiofanato es un fungicida sistémico de amplio espectro, utilizado en la agricultura para el control de diversas enfermedades fúngicas de origen sintético. Fue desarrollado en la década de los 70, posee actividad protectora y curativa contra un amplio espectro de enfermedades en frutas, hortalizas y otros cultivos. El metil-tiofanato actúa inhibiendo la formación de microtúbulos en los hongos, lo que interfiere con su división celular y crecimiento. Se absorbe rápidamente por las plantas y se distribuye a través de los tejidos vegetativos, proporcionando protección contra infecciones fúngicas. Se presenta comúnmente en forma de polvo humectable y se aplica mediante pulverización foliar. Es importante aplicar el fungicida antes de la aparición de síntomas para maximizar su eficacia. Las dosis y el momento óptimo de aplicación pueden variar según el tipo de cultivo y las condiciones ambientales. (PPDB, 2024).

2.3.3 Boscalid.

El boscalid pertenece al grupo de las carboxamida, es activo contra una amplia gama de patógenos fúngicos, incluidos *Botrytis* spp., *Alternaria* spp. y *Sclerotinia* spp, para su uso en una amplia gama de cultivos, incluidos frutas, verduras y plantas ornamentales. El boscalid es un fungicida desarrollado por BASF y lanzado en 2003 para su uso en cultivos alimentarios, el cual posee acción sistémica con actividad protectora o preventiva (PPDB, 2024). Actúa inhibiendo la germinación de esporas, impide la elongación del tubo germinativo, el crecimiento micelial y la esporulación. A nivel molecular inhibe la enzima succinato deshidrogenasa, la cual es parte importante en el

Ciclo de Krebs, y por tanto afecta el flujo de carbono de los metabolitos como la cadena de ATP (BASF, 2024).

2.3.4 Pyraclostrobin.

La piraclostrobina es un fungicida foliar de amplio espectro que pertenece a la clase química de las estrobilurinas. Actúa inhibiendo la respiración mitocondrial, lo que conduce a una reducción de la cantidad de ATP disponible en la célula fúngica. Se utiliza para el control o la supresión de enfermedades fúngicas en muchos cultivos comunes, entre ellos: bayas, bulbos, cucurbitáceas, hortalizas de fruto y raíz, y cerezas (NCBI, 2024).

Piraclostrobina es un fungicida de acción sistémica con actividad curativa y erradicante, lo que provoca la desintegración de las cadenas de esporas, inhibiendo constantemente la esporulación. Al mismo tiempo dejan de funcionar los sistemas de bombeo de la membrana celular (BASF, 2024).

2.3.5 *Trichoderma harzianum*.

Es un fungicida biológico, a base de cepas de hongos antagonistas de origen natural, con un amplio espectro de control. Sus unidades infectivas, son sus esporas que inactivan, inhiben y micoparasitan fitopatógenos. Actúa endofítica y antagonistamente; además, podemos mencionar; la competencia por espacio, la secreción de compuestos inhibidores, que también contribuyen a mejorar la solubilización de elementos minerales

que a la planta se le hace difícil desdoblar o asimilar, en su estado natural. Produce la ruptura de las paredes hifales del fitopatógeno, penetra con sus estructuras y aprovecha los nutrientes de este y lo neutraliza (hiperparasitismo); simultáneamente produce sustancias de tipo antibiótica y enzimas, que causan un efecto de fungistasis y libera enzimas de tipo lítico, que son capaces de destruir, las estructuras de resistencia de la enfermedad a controlar (ABC, 2020).

2.4 Estudios previos sobre el uso de principios activos fungicidas y agentes biológicos en el control de la antracnosis en ñame.

Se han realizado un gran número de investigaciones sobre el uso de principios activos con efecto fungicida para el manejo de la antracnosis causada por *Colletotrichum* spp sobre el ñame, de igual forma se han realizado ensayos para evaluar la eficacia de los tratamientos biológicos utilizando Hongos antagonistas, estos ensayos permiten el uso de escalas diagramáticas para evaluar la severidad de la enfermedad ya sea en campo o *in vitro*.

Dentro de los trabajos realizados se destaca el estudio realizado por Yara Rosado en el 2016, el cual evaluó 8 fungicidas (orgánicos y convencionales) realizado en Puerto Rico para el control de la antracnosis en el ñame encontrando que existe resistencia por parte del hongo a un fungicida en específico. Los principios activos convencionales fueron hidroxido de cobre, pentioperad, clorothalonil, cyprodionil+ fludioxonil, ácido fosfórico y azoxystrobina. Mientras que los fungicidas orgánicos evaluados fueron el

aceite de Neem y el extracto de *Reynoutria sachalinensis*. La investigación se llevó de manera *in vitro* e *in vivo*. En el ensayo *in vitro* el extracto de *R. sachalinensis* (Fungicida Orgánico) logro el 40% de inhibición micelial. Mientras que el mejor comportamiento por parte de los fungicidas convencionales fueron del clorothalonil y la mezcla de cyprodionil+ fludioxonil. En el ensayo *in vivo* los fungicidas orgánicos no tuvieron eficacia, mientras que el mejor fungicida convencionales se obtuvo con la mezcla de cyprodionil+ fludioxonil **(Rosado, 2016)**.

En Costa Rica por parte de Cinthia Arce-Araya, Ingrid Varela-Benavides y Sergio Torres-Portuguez en el 2019, se llevó a cabo el estudio que evaluó el desempeño de 10 fungicidas en la inhibición de la antracnosis en el ñame, estos fueron azoxystrobina, benomil, benzotiazol, carbendazin, clorotalonil, mancozeb, mancozeb+oxicloruro de cobre, metil-tiofanato, propiconazol y propineb; demostrando que ninguno de los tratamientos evaluados logró el 100% de inhibición y que el hongo se ha vuelto resistente a fungicidas en específico **(Arce-Araya et al., 2019)**.

En la Universidad de Córdoba (Colombia) Rodrigo Campos Arana en el año 2011, fue desarrollado un proyecto, el cual evaluó dos sistemas de siembra uno en franjas y otro en surcos, utilizando la variedad susceptible denominada “Pelao”, más la variedad resistente D22 en siembras intercaladas incluyendo inductores de resistencia, uno de ellos el fungicida biológico *Trichoderma* sp y el fungicida químico carbendazim; obteniendo que los tratamientos con el fungicida carbendazim y con *Trichoderma*, fueron los que presentaron mejor protección al follaje durante los primeros cinco meses después de

plantado en el genotipo “Pelao”; sin embargo, no fue suficiente para incrementar la producción presentando rendimientos similares a los testigos (**Campo-Arana, 2011**).

En la University for Development Studies ubicada en Ghana Daniel Bakobedewo en el año 2015 desarrolló una investigación en ñame, donde se evaluaron extractos acuosos de semillas de *Azadirachta indica* (semilla del árbol de Neem), semillas de *Jatropha curcas* L (semilla de la planta de Jatropha) y extractos de hojas de *Nicotiana tabacum* L (hoja de la planta de tabaco) para el control de la antracnosis del ñame, además se utilizó el fungicida metil-tiofanato como control positivo. Logrando un 75% de control de la enfermedad con el extracto de semilla de árbol de Neem y en cuanto al fungicida químico se logró el 100% de control de la enfermedad, esto fue desarrollado *In vitro*. (**Bakobedewo, 2015**).

En cuanto al uso de escalas diagramáticas para evaluación de la severidad de la antracnosis en el ñame son pocas las experiencias que se tienen, siendo así que solo tiene reporte de dos escalas, la primera desarrollada en Brasil denominada “*Escala diagramática da queima das folhas do inhame (Dioscorea cayennensis), indicando níveis de 1,2,4,8, 16 e 32% de severidade*”, la cual se basa generalmente en la evaluación visual de los síntomas en hojas y tallos, centrándose en el tamaño de la lesión, su distribución y la extensión del daño tisular (**Michereff et al., 2000**). La segunda escala fue desarrollada por Green en 1994, la misma posee 5 niveles iniciando $0 \leq 2\%$, 3-5%, 6-10%, 11-25% y 50%. Esta escala exhibe los niveles de severidad que se pueden observar mediante la evaluación visual en campo de los síntomas en las hojas por *Colletotrichum* spp (**Otusanya, 2018**).

3.0 ASPECTOS METODOLÓGICOS.

3.1 Descripción del área de estudio.

El ensayo se realizó en la localidad de Alto del Cristo, corregimiento de Zapallal, distrito de Santa Fe, provincia de Darién (Figura 3 y 4). Las coordenadas geográficas para la zona son 8° 35' 25.0" N y 78° 05' 21.8" O. El estudio se inició en mayo de 2024 y finalizó en febrero de 2025. El terreno donde se estableció el ensayo tenía antecedentes del cultivo de ñame.

3.2 Aspectos climáticos de la zona del ensayo.

Según datos del IMHPA (2021) la provincia de Darién tiene un clima húmedo tropical, con una temperatura promedio de 25° a 26°C con una mínima de 17.5°C y una máxima de 35°C, con una precipitación anual que oscila entre 1200 mm y 2000 mm anuales.



Figura 3. Mapa de la República de Panamá y la ubicación del ensayo dentro de la provincia de Darién.
Fuente: Google Maps, 2024.



Figura 4: Ubicación de la finca donde se realizó el ensayo en la localidad de Altos del Cristo, Corregimiento de Zapallal, distrito de Santa Fe, Provincia de Darién. Fuente: Google Maps, 2024.

3.3 Materiales utilizados.

3.3.1 Semilla de ñame.

El ñame (*D. alata* L.) de la variedad “Baboso” que se utilizó como semilla para el establecimiento del ensayo era proveniente de la localidad de Capetí, situado en el alto Tuirá en la provincia de Darién. En esta área de la provincia se cultiva principalmente esta variedad de ñame (Baboso) bajo un sistema de siembra tradicional que incluye cero labranzas y lo que popularmente se conoce como tumba y quema.

En total se adquirieron 3 quintales de ñame, con tubérculos en condiciones morfológicas adecuadas para la propagación; en promedio cada tubérculo pesaba entre 5 y 8 libras (Figura 5).



Figura 5. Tubérculos utilizados como semilla para la realización del ensayo. Fuente: Sánchez, 2024.

3.3.2 Principios activos evaluados.

Se seleccionaron 4 principios activos con efecto fungicida, 3 de ellos de origen químico y uno de origen biológico. Estos fungicidas son frecuentemente utilizados para el

control de la antracnosis del ñame en el país. Se procuró que los productos a ensayar dentro del ensayo estuvieran recomendados para el combate del hongo *Colletotrichum* spp asociado a la antracnosis, evaluando de igual manera el grupo químico, el modo y mecanismo de acción (Cuadro 1) (Figura 6).

Cuadro 1. Características de los principios activos fungicidas utilizados.

Ingrediente activo	Nombre comercial	Grupo químico	Modo de acción	Mecanismo de acción
Carbendazim	Biocarben 50 SC	Benzimidazol	Sistémico con actividad curativa y protectora.	Inhibición de la síntesis de Ergosterol
Metil-tiofanato	Cycosin 50 SC	Benzimidazol	Sistémico con actividad preventiva y curativa.	Inhibición de la respiración celular, impidiendo la culminación de la mitosis.
Boscalid+ Pyraclostrobin	Bellis 38 WG	Carboxamida /Estrobilurina	Sistémico con acción preventiva, curativa y erradicante	Inhibe la enzima succinato deshidrogenasa/Inhibe la respiración de la mitocondria
<i>Trichoderma harzianum</i>	Bioreach	Biológico	Curativa	Hiperparasitismo



Figura 6. Presentación comercial del grupo de principios activos fungicidas utilizados durante la realización del ensayo. Biocarben 50 SC (A), Cycosin 50 SC (B), Bellis 38 WG (C) y Bioreach (D). Fuente: Sánchez, 2024.

3.3.3 Equipo de aplicación.

Para la aplicación de los distintos tratamientos se utilizó una bomba rociadora de 7 litros, equipo que facilitaba la pulverización de los diferentes fungicidas en las parcelas de ñame (Figura 7).



Figura 7. Bomba rociadora de 7 litros. Fuente: Sánchez, 2024.

3.4 Diseño experimental.

El proyecto se estableció en campo mediante un diseño experimental de bloques completamente al azar (BCA), que estaba formado por 5 tratamientos (incluyendo un testigo) con 4 repeticiones, para un total de 20 parcelas por ensayo, con un tamaño por parcela de 4 m de ancho x 9 m de largo y entre cada parcela un distanciamiento de 2 m (Figura 8). La distancia entre surcos fue de 1 m y la distancia entre planta de 1 m. Cada tratamiento dentro de cada bloque estaba compuesto por 5 hileras con 10 plantas cada una, para un total de 50 plantas por tratamiento, haciendo un total de 200 plantas por tratamiento en el ensayo. Los tratamientos evaluados fueron los siguientes, utilizando las dosis recomendadas en la etiqueta:

T1- Carbendazim (Biocarben 50 SC) = 5 ml/L de agua

T2 – Metil-tiofanato (Cycosin 50 SC) = 4 ml/L de agua

T3 – Boscalid+Pyraclostrobin (Bellis 38 WG) = 4 g/L de agua

T4 – *Trichoderma harzianum* (Bioreach) = 10 ml/L de agua

T5 – Testigo absoluto=Sin tratamiento preventivo.

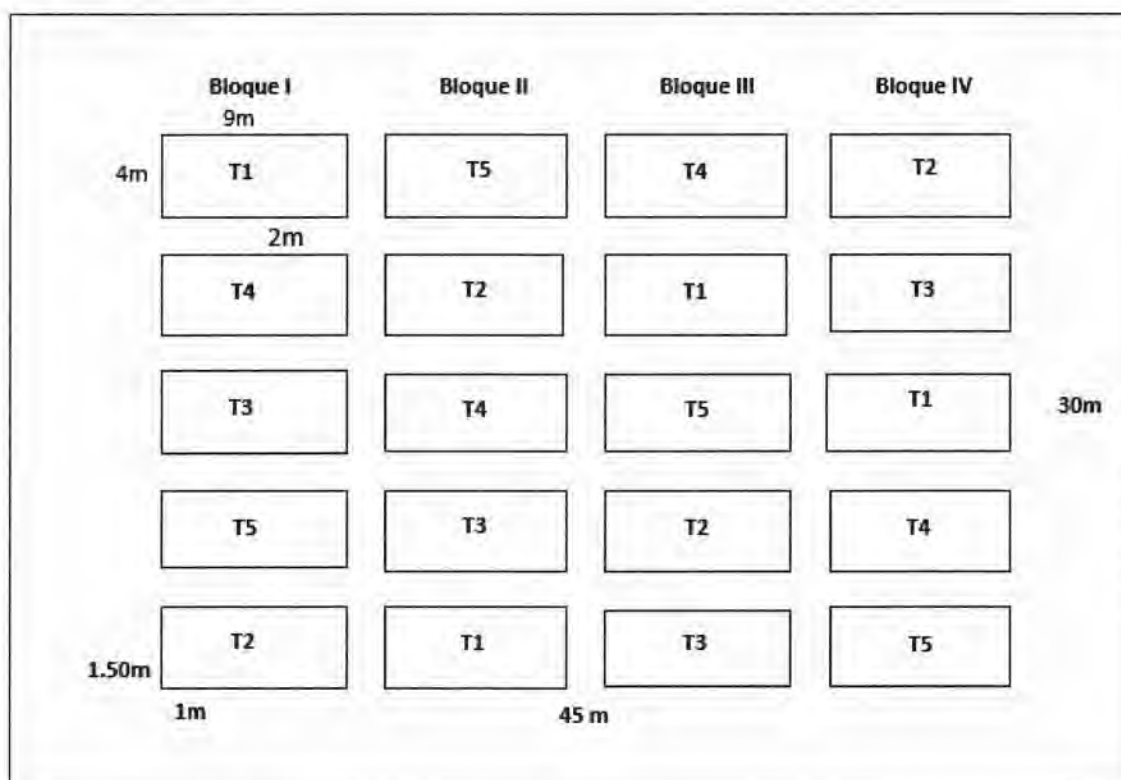


Figura 8. Esquema de la distribución espacial de todos los tratamientos en campo. Fuente: Sánchez, 2024.

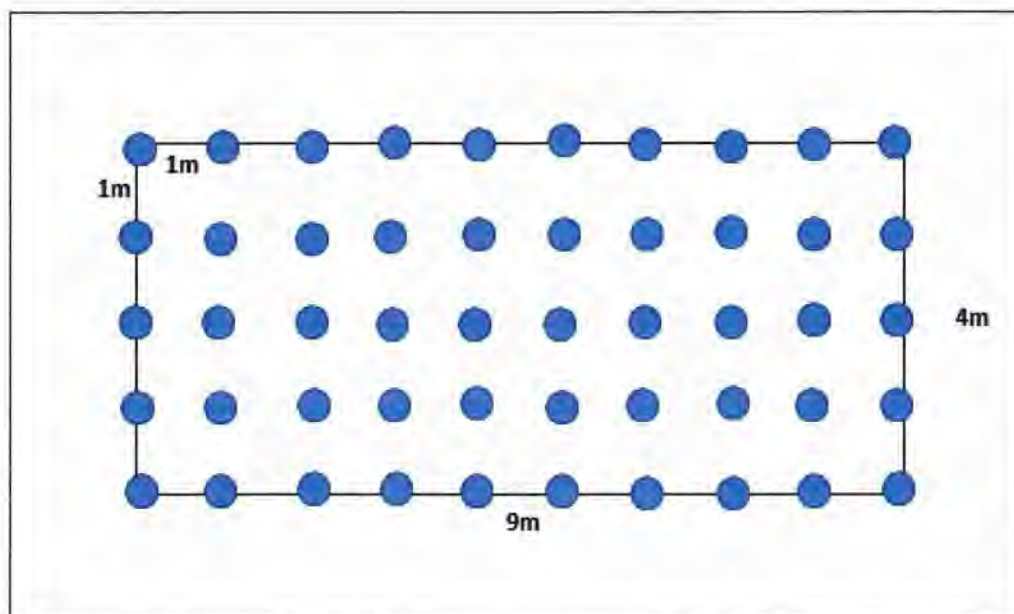


Figura 9. Esquema de la distribución de siembra por unidad experimental o parcela con su densidad de siembra, cada punto en celeste representa una semilla sembrada. Fuente: Sánchez, 2024.

3.5 Establecimiento del ensayo.

Todos los principios activos fueron utilizados en el tratamiento previo de la semilla antes de la siembra y posteriormente se realizaron 2 aplicaciones foliares; la primera a los 40 días cuando el 50% de las plantas habían germinado y la segunda a los 110 DDS (Días Después de Siembra).

3.5.1 Preparación del terreno.

Se seleccionó un área de 30 m de ancho por 45 m de largo (1350 m²). El sitio seleccionado tenía historial de siembra de ñame, por lo cual poseía antecedentes de la incidencia de la enfermedad. Se realizó una limpieza manual y posterior aplicación de

herbicida (Glifosato), un mes antes de la siembra. El suelo recibió labranza mínima con la ayuda de azadones (Figura 10).



Figura 10: Terreno seleccionado para el establecimiento del ensayo (A) y labranza mínima del terreno antes de la siembra (B). Fuente: Sánchez, 2024.

3.5.2 Picado y tratamiento de la semilla.

Una vez el ñame había roto su periodo de latencia, se realizó el picado de la semilla, con peso promedio de 100 a 150 gramos aproximadamente (Figura 11A). Este paso fue realizado 48 horas antes de la siembra para facilitar la cicatrización. Una vez picada las semillas se seleccionaron 5 grupos compuestos de 200 semillas para ser tratadas con los diferentes principios activos fungicidas seleccionados como tratamientos, un grupo de estas no fue tratado ya que correspondía al tratamiento testigo (Figura 11B).

Para el tratamiento, las semillas fueron dispuestas en sacos de malla para facilitar la inmersión en la mezcla preparada para cada principio activo, por espacio de 10 minutos en tanques seleccionados para tal fin. (Figura 11C). Una vez finalizado el proceso, las semillas se colocaron por espacio de 48 horas en un lugar sombreado y ventilado para su

cicatrización y formación de callo antes de ser llevadas a campo para la siembra (Figura 11D). La cantidad de fungicida mezclada por litro de agua se presenta en el cuadro 2.

Cuadro 2. Dosis de fungicida utilizado por litro de agua en el tratamiento de semilla.

Fungicida	Dosis/litro de agua
Carbendazim (Biocarben 50 SC)	5 ml
Metil-tiofanato (Cycosin 50 SC)	4 ml
Boscalid+Pyraclostrobin (Bellis 38 WG)	4 g
<i>Trichoderma harzianum</i> (Bioreach)	10 ml



Figura 11. Picado de la semilla (A), selección de la semilla (B), inmersión de la semilla en el tratamiento (C) y secado de la semilla (D). Fuente: Sánchez, 2024.

3.5.3 Siembra.

La semilla fue llevada a campo para su siembra de manera manual. Durante el proceso se construyó un hoyo y la semilla se colocó con el corte hacia arriba a una profundidad aproximada de 10 cm (Figura 12). A partir de este momento se realizó una medición diaria de las condiciones de humedad, temperatura y precipitación.



Figura 12. Siembra de la semilla del ñame de manera manual. Fuente: Sánchez, 2024.

3.5.4 Aspersiones foliares con fungicidas.

La primera aplicación foliar se realizó a los 40 DDS cuando el 50% de las semillas habían germinado y las plantas tenían entre 5 y 8 hojas, lo cual buscaba brindarle a la planta recién emergida una protección frente a la antracnosis (Figura 13). Una segunda aplicación se realizó a los 110 DDS, en vista de que el exceso de lluvia que se presentó en ese periodo aumento el daño foliar por *Colletotrichum* spp.



Figura 13. Preparación de la mezcla para la aspersión foliar (A) y aplicación con la bomba rociadora (B).
Fuente: Sánchez, 2024.

3.5.5 Tutorado

Mediante el uso de tutores de madera e hilo bananero se realizó el tutorado de las plantas, acción que permitía una mejor aireación de la plantación, además de facilitar las labores de evaluación de las variables de incidencia y severidad. Estos tutores fueron colocados cada 3 metros y las plantas de ñame sujetadas con hilo bananero. Los tutores tenían una altura promedio 2.50 metros (Figura 14).



Figura 14. Tutorado del ñame, con tutores de 2.50 metros e hilo bananero Fuente: Sánchez, 2024.

3.6 Variables evaluadas.

3.6.1 Variables climáticas.

3.6.1.1 Humedad relativa y temperatura.

La humedad relativa y la temperatura fueron registradas con un mini-higrómetro electrónico digital (Marca Pgzsy) (Figura 15). Estos datos fueron tomados desde el mes de mayo (Siembra) hasta el mes de octubre (Desarrollo vegetativo y tuberización). Los datos fueron colectados diariamente entre las 7:00 a.m. y las 8:00 a.m. para que coincidiera con el periodo de rocío. Los datos se acuñaron en promedios a los 30, 60, 90, 120 y 150 DDS para una mejor interpretación de la información.



Figura 15. Mini-higrómetro electrónico digital de la marca Pgzsy para medir humedad y temperatura.
Fuente: Sánchez, 2024.

3.5.1.2 Precipitación.

Los datos de precipitación se midieron diariamente a partir del mes de mayo hasta el mes de octubre que incluían desde el día de la siembra hasta la última evaluación en campo. Estos registros se obtuvieron a través de la aplicación MSN El Tiempo, desarrollada por Microsoft, debido a que no existe en la zona una estación meteorológica que registrara estos datos. Los datos se organizaron en promedios a los 30, 60, 90, 120 y 150 DDS para una mejor interpretación de la información.

3.6.2 Evaluación de la incidencia y la severidad.

3.6.2.1 Incidencia.

Para evaluar la incidencia de la antracnosis del ñame, se contaron todas las plantas de cada parcela, se contabilizaron todas aquellas que tuvieran algunos de los síntomas asociados a la antracnosis en su lamina foliar y se dividieron entre el total de plantas por parcela para obtener el porcentaje. Esta recolección de datos se realizó a los 30, 60, 90, 120 y 150 DDS.

3.6.2.2 Severidad.

La severidad de la enfermedad fue evaluada en base a la escala diagramática diseñada por **Michereff *et al*, (2000)** (Figura 16), la lámina foliar se observaba y se clasificaba de acuerdo al desarrollo del síntoma según la escala diagramática. Estos datos fueron colectados en el mes de octubre, a los 150 DDS.

La evaluación de la severidad se realizó tomando 6 plantas de cada unidad experimental, obviando las plantas de los bordes. Por cada planta a evaluar se tomaron 5 hojas para ser sometidas a la escala diagramática, 2 de la parte inferior, 2 de la parte media y 1 de la parte superior.

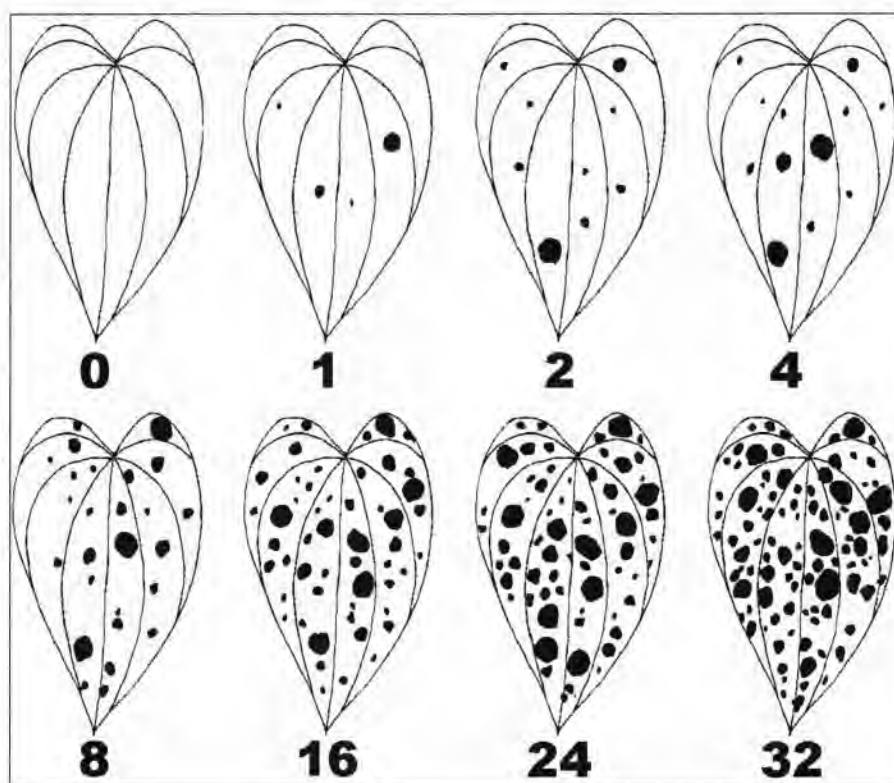


Figura 16. Escala diagramática para evaluar la severidad de la antracnosis en campo. Fuente: Michereff *et al*, 2000.

Para asegurarse de que existía la presencia de la enfermedad en las plantas de ñame se colectaron muestras del tejido foliar con síntomas asociados a la antracnosis, las cuales fueron llevadas al laboratorio de fitopatología de la Facultad de Ciencias Agropecuarias en el Campus Central de la Universidad de Panamá, donde se corroboraba el diagnóstico de campo (Figura 17).



Figura 17. Laboratorio y equipo utilizado para diagnóstico. Fuente: Sánchez, 2024.

3.7 Análisis estadístico.

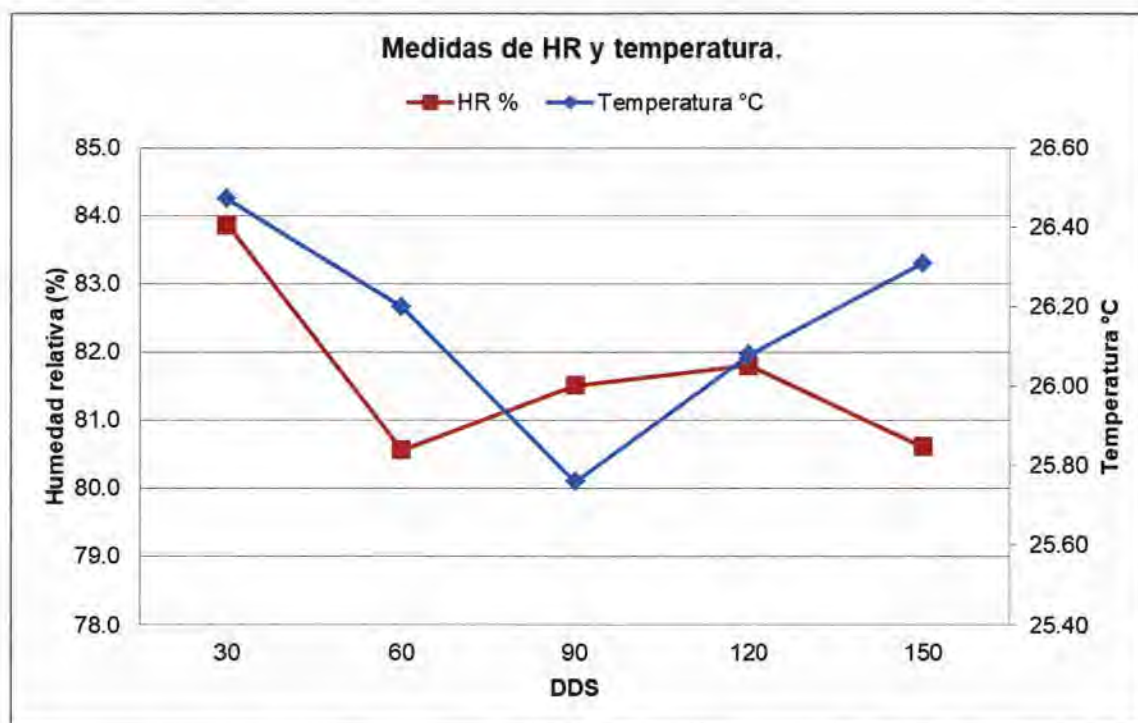
La agrupación de los datos se realizó mediante el programa Excel. La variable de incidencia se trabajó bajo este mismo programa, para obtener el porcentaje de incidencia registrada en cada evaluación. Para la variable de severidad se le realizó un análisis de varianza (ANOVA) utilizando el paquete estadístico InfoStat para un diseño de bloques completamente al azar y la comparación de medias se realizó mediante la prueba de Duncan al 5% de probabilidad y así determinar si existían diferencias entre los tratamientos.

4.0 RESULTADOS Y DISCUSIÓN.

4.1 Variables climáticas.

4.1.1 Humedad relativa y temperatura.

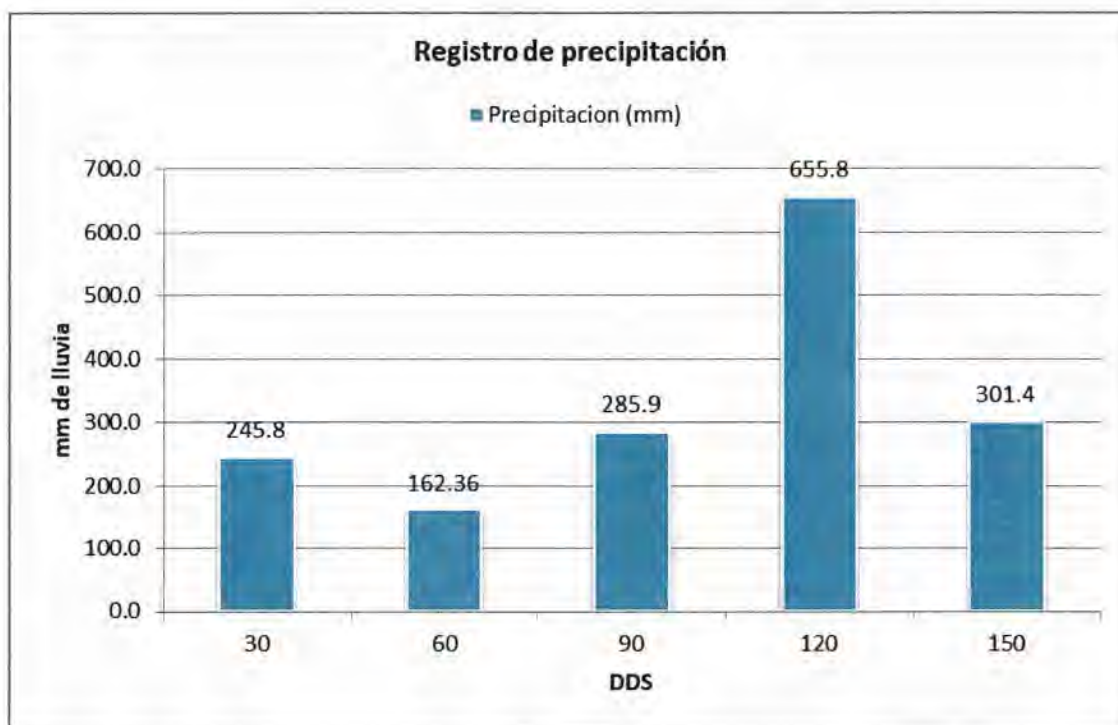
Los datos fueron tomados diariamente a partir del 10 de mayo día en que se efectuó la siembra de la semilla de ñame. Según la gráfica 1 la temperatura varió ligeramente entre aproximadamente 25.76 °C y 26.47 °C y la humedad relativa muestra una ligera tendencia a disminuir a medida que aumenta la temperatura, aunque las variaciones son pequeñas. Los datos sugieren que existe una ligera relación inversa entre la temperatura y la humedad relativa en este conjunto específico de observaciones.



Gráfica 1. Promedios de mediciones de HR y temperatura °C durante la ejecución del proyecto. Fuente: Sánchez, 2024.

4.1.2 Precipitación.

Durante el periodo de evaluación, que comprendió desde el mes de mayo hasta el mes de octubre, se recibieron 1651.2 mm de lluvia, con un pico notable en la cantidad de lluvia a los 120 DDS (655.8 mm), lo que indica que se presentó un evento climático significativo. Los datos sugieren que existe una variabilidad significativa en la cantidad de lluvia a lo largo del tiempo después de la siembra del ensayo (Gráfica 2).



Gráfica 2. Medidas de la cantidad de lluvia obtenida durante el tiempo de ejecución del proyecto. Fuente: Sánchez, 2024.

4.2 Incidencia.

La proporción de plantas afectadas fue acumulativa a lo largo de las 5 evaluaciones realizadas (Cuadro 4). Obteniéndose plantas con síntomas visibles sobre la

lámina foliar a partir de la segunda evaluación que correspondía a los 60 DDS. La incidencia de la enfermedad de la antracnosis generada por *Colletotrichum* spp presentó porcentajes de hasta el 75% de plantas infectadas por este hongo, específicamente en el tratamiento testigo (T5) y un 52% de plantas afectadas en aquellas que fueron tratadas con el fungicida biológico formulado a partir de *Trichoderma harzianum* (T4).

Cuadro N°3. Porcentaje de incidencia de antracnosis registrado durante las evaluaciones realizadas en los 5 tratamientos.

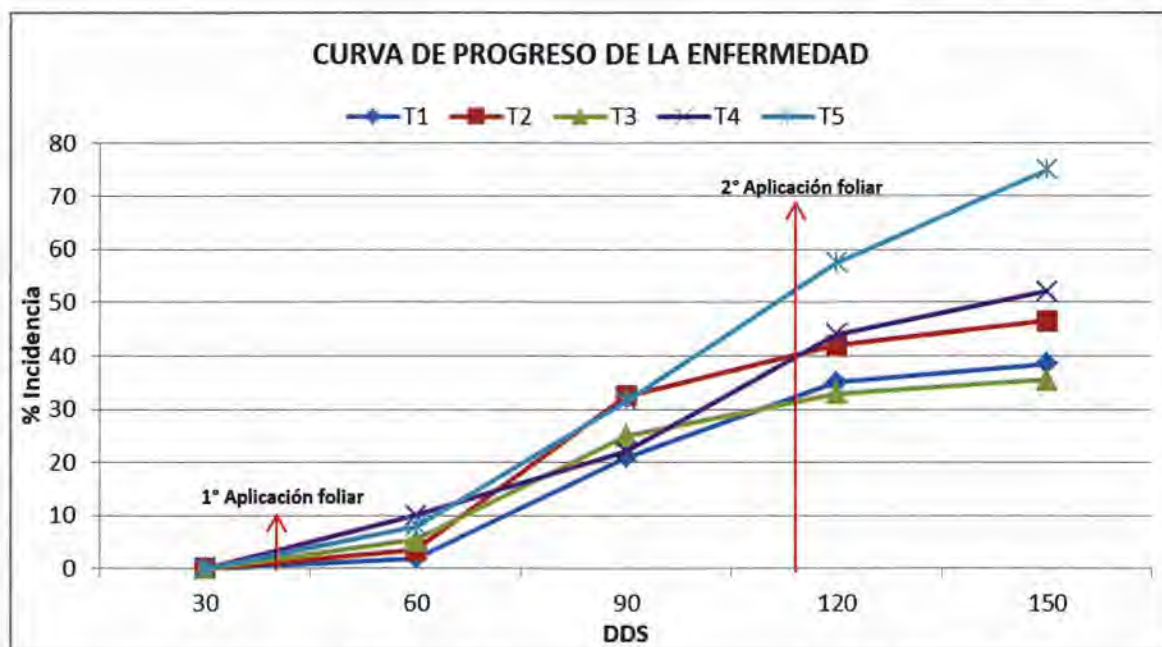
DDS	T1	T2	T3	T4	T5
30	0	0	0	0	0
60	2	3.5	5.5	10	8
90	21	32.5	25	22	31.5
120	35	42	33	44	57.5
150	38.5	46.5	35.5	52	75

T1- Carbendazim (Biocarben 50 SC) | T2 – Metil-tiofanato (Cycosin 50 SC) | T3 - Boscalid+Pyraclostrobin (Bellis 38 WG) | T4 - *Trichoderma harzianum* (Bioreach) | T5 - Testigo absoluto (Sin tratamiento preventivo, ni aplicaciones foliares).

Curva de progreso de la enfermedad.

A partir de los datos de incidencia recolectados se construyó una curva de progreso de la enfermedad (Gráfica 3), la cual representa el avance de la enfermedad a través del tiempo (150 días). Entre los 30 y 60 DDS la incidencia es muy baja lo cual sugiere que la enfermedad no se ha establecido significativamente en este periodo por lo cual lo llamamos fase inicial, además de que durante este periodo se realizó la primera aplicación foliar de los tratamientos correspondientes, específicamente a los 40 DDS lo cual pudo haber influido que durante este periodo la incidencia se mantuviera en niveles

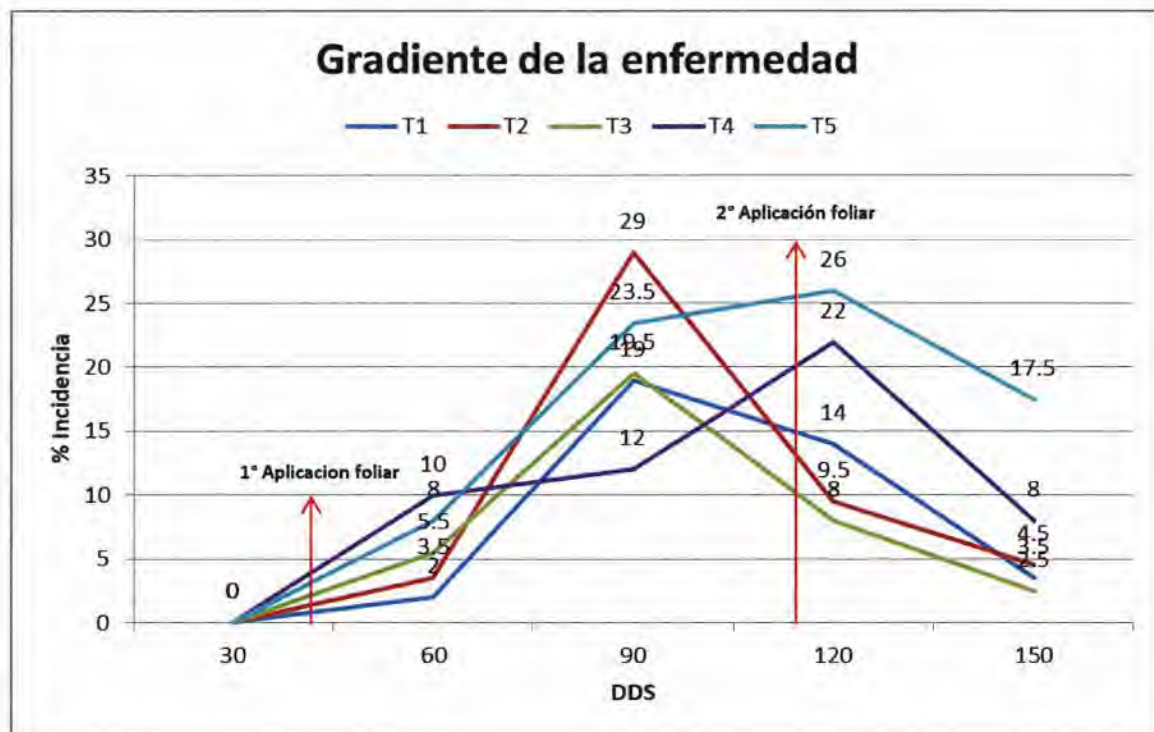
bajos. Entre los 60 y 90 DDS se observa un incremento notable de plantas con síntomas de la enfermedad especialmente en los tratamientos T2 (Thiophanate-Methyl) y el tratamiento T5 (Testigo absoluto) lo que indica un inicio del desarrollo de la enfermedad. El periodo que comprende de los 90 a los 150 DDS corresponden a una fase avanzada de la enfermedad, ya que la incidencia continúa aumentando específicamente en el tratamiento T2 (Thiophanate-Methyl), tratamiento T5 (Testigo absoluto) y un aumento significativo en el tratamiento T4 (*Trichoderma harzianum*). Durante este último periodo específicamente de los 90 a los 120 DDS se verificó un aumento significativo de la cantidad de lluvia, lo que sustenta el aumento de la incidencia durante este periodo, por lo cual a los 110 DDS se decidió hacer una 2 aplicación foliar de los fungicidas que correspondían a cada tratamiento.



Gráfica 3: Progreso de la enfermedad a través del tiempo de acuerdo a los datos de incidencia. Fuente: Sánchez, 2024.

Gradiente de la incidencia de la enfermedad.

El gradiente de la enfermedad de la antracnosis en el cultivo de ñame (Gráfica 4) representa la variación en la intensidad de la enfermedad a medida que se aumenta la distancia desde la fuente de inóculo, siendo así que el inicio de la enfermedad se da alrededor de los 60 DDS, 20 días después de la primera aplicación foliar de fungicidas, alcanzando su pico a los 90 DDS en el T1 (Carbendazim), T2 (Thiophanate-Methyl) y T3 (Boscalid+Pyraclostrobin), a partir de este momento empieza un declive en la curva de estos 3 tratamientos. Sin embargo, en el T4 (*Trichoderma harzianum*) y el T5 (Testigo absoluto) el pico de la enfermedad se presentó a los 120 DDS, recordando que a los 110 DDS se realizó una segunda aplicación foliar de fungicidas. En estos dos tratamientos el declive comienza a partir de los 120 DDS.



Gráfica 4. Intensidad de la enfermedad representada a través de un gradiente de la enfermedad. Fuente: Sánchez, 2024.

4.3 Severidad.

Las primeras lesiones sobre las hojas del ñame aparecieron a los 60 DDS, con pequeñas manchas marrones con un halo amarillo, las mismas tenían forma redondeada y aparecieron en el tratamiento testigo (T5) (Figura 15). Con el avance del tiempo las lesiones aumentaron de tamaño hasta unirse y necrosar todo el tejido.

Se colectaron muestras de hojas con lesiones y fueron llevadas al laboratorio de fitopatología (FCA) donde se corroboró que las lesiones encontradas sobre las hojas de ñame corresponden a los daños causados por *Colletotrichum* spp. Se tomó solo la parte de la hoja que presentara el síntoma y se colocó en cámara húmeda por 5 días, pasados este tiempo fueron llevados al estereoscopio para observar las estructuras del hongo, tomarlas y llevarlas al microscopio (Figura 18).

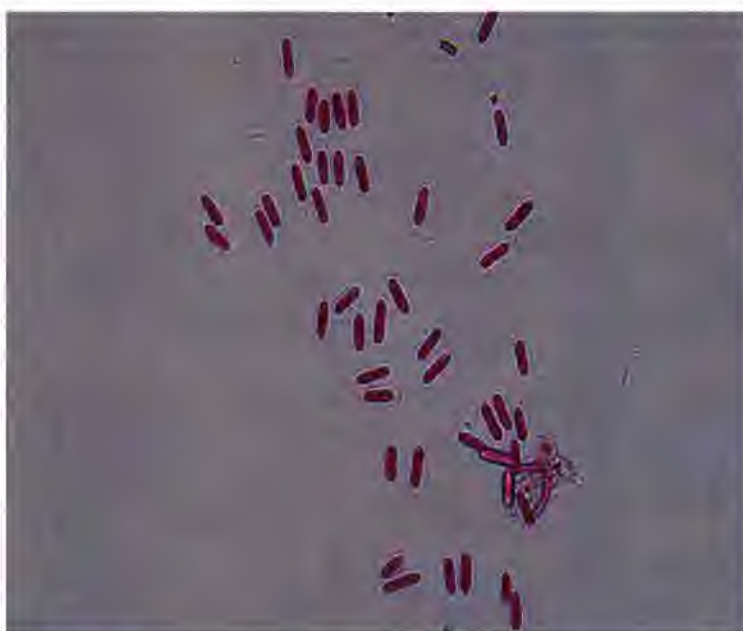


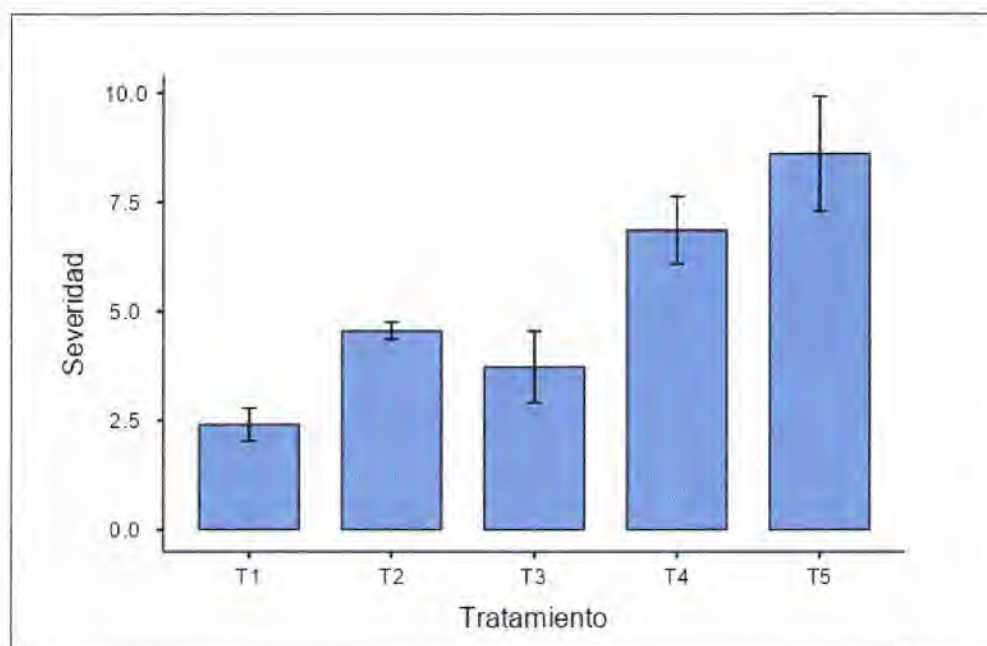
Figura 18. Conidias de *Colletotrichum* spp vistas en microscopio. Fuente: Sanchez, 2024.

El porcentaje de severidad registrado en los diferentes tratamientos fue evaluado utilizando la escala elaborada por Michereff *et al.*, 2000, el cual incluyó 6 plantas por tratamiento y 5 hojas por planta, según se describió previamente en la metodología de este estudio.

Los valores de severidad fueron tabulados de acuerdo con las 4 repeticiones y los 5 tratamientos (Cuadro 5). Los promedios de la severidad pueden verse ilustrados en la gráfica 5. El análisis de varianza (ANOVA) determinó que existía diferencia significativa en al menos uno de los tratamientos evaluados, de acuerdo con el valor crítico de $F=0,05$ (Cuadro 6).

Cuadro N°4. Valores de severidad promedio de los tratamientos evaluados.

	T1	T2	T3	T4	T5
R1	1.9	4.3	4.5	8.2	11
R2	1.9	4.6	4.2	8.1	11
R3	3.5	4.2	1.3	6	7.2
R4	2.3	5.1	4.9	5.1	5.6



Gráfica 5. Representación gráfica de la severidad promedio en los diferentes tratamientos. Fuente: Sánchez, 2024.

Cuadro N°5. Análisis de varianza para los valores de severidad.

F.V	SC	GL	CM	F	Valor crítico para F
Tratamiento	98.87	4	24.72	10.53	3.259
Bloque	10.01	3	3.34	1.42	3.49
Error	28.17	12	2.35		
Total	137.06	19			

El valor del estadístico F para tratamientos fue de 10,53. Este valor indica la relación entre la variabilidad entre los tratamientos. Un valor F alto sugiere que hay una diferencia significativa entre al menos dos de las medias de severidad de los tratamientos y entre los bloques. Los resultados del estadístico F para tratamientos $F_{\text{cal}}=10.53 > F_{\text{tab}0.05}= 3.259$, indican que al menos uno de los tratamientos evaluados difiere de los

otros. El estadístico F para el bloque $F_{\text{cal}}=1.42 < F_{\text{tab}0.05}= 3.49$, indica que el efecto de los bloques entre los tratamientos es el mismo, por lo cual no hay diferencias significativas entre los diferentes bloques. Debido a que el ANOVA mostro que existe diferencia en al menos uno de los tratamientos se procedió a realizar una Prueba de Comparación de Medias (Pruebas Post Hoc), para identificar cuál de los tratamientos fue el más efectivo en el control de la enfermedad. En este estudio utilizamos el test de Duncan con un valor de $\alpha=0.05$.

Cuadro N°6. Prueba de comparación de medias utilizando el test de Duncan.

Test: Duncan Alfa=0.05

Error: 2.3478 gl: 12

T	Medias	n	E.E.			
T1	2.40	4	0.77	A		
T3	3.73	4	0.77	A		
T2	4.55	4	0.77	A	B	
T4	6.85	4	0.77		B	C
T5	8.60	4	0.77			C

T1- Carbendazim (Biocarben 50 SC) | T2 – Metil-tiofanato (Cycosin 50 SC) | T3 - Boscalid+Pyraclostrobin (Bellis 38 WG) | T4 - *Trichoderma harzianum* (Bioreach) | T5 - Testigo absoluto (Sin tratamiento preventivo, ni aplicaciones foliares).

El análisis de los datos mediante el test de DUNCAN al 5% de probabilidad, nos indica que los tratamientos T1, T3, T2 (Carbendazim, boscalid + pyraclostrobin, metil-tiofanato), no difieren entre ellos en cuanto a la reducción de la severidad causada por *Colletotrichum* spp en el cultivo de ñame y fueron los que registraron los menores promedios de severidad.

El mismo análisis sugiere que no existen diferencias significativas entre los tratamientos T2 y T4 (Thiophanate-Methyl, *Trichoderma harzianum*); lo mismo que entre los tratamientos T4 y T5 (*Trichoderma harzianum*, Testigo). Todo esto indica que el tratamiento más efectivo en la reducción de la severidad causada por *Colletotrichum* spp en el cultivo de ñame en este estudio fue el tratamiento a base de carbendazim y el menos efectivo en la reducción de la enfermedad fue el tratamiento con *Trichoderma harzianum*.

DISCUSIÓN

Este proyecto fue diseñado con el fin de evaluar 4 principios activos con actividad antifúngica en el manejo de la antracnosis del ñame en la provincia de Darién. La antracnosis es una de las enfermedades foliares con mayor impacto económico en la producción de ñame, específicamente en la variedad Baboso, por lo tanto, la falta de fungicidas efectivos para manejar la enfermedad es una necesidad presente.

Los resultados de este estudio demuestran la eficacia de ciertos principios activos fungicidas en el control de la antracnosis del ñame (*Dioscorea alata* L.) variedad baboso en la provincia de Darién. Específicamente, el tratamiento con carbendazim (T1) mostró ser el más efectivo para reducir tanto la incidencia como la severidad de la enfermedad, resultados que coinciden con lo encontrado por **Campo-Arana (2011)** donde la aplicación foliar de carbendazim en siembras intercaladas del genotipo susceptible 'Pelao' y el resistente 'Diamante 22,' logró reducir la severidad de la antracnosis en un 50% a los 137 días después de la siembra, en comparación con el monocultivo de 'Pelao'. Sin

embargo, **Arce-Araya et al. (2019)** obtuvieron una inhibición micelial del 43,83% sobre *Colletotrichum truncatum* y consideran que existen mejores fungicidas y que si bien el carbendazim puede ser una herramienta útil en el manejo de la antracnosis en ñame, su eficacia es limitada y variable. Investigaciones realizadas por **Pérez et al. (2010)** indicaron que el carbendazim es eficaz para el control de *C. gloeosporioides* en mango, un patógeno similar al que causa la antracnosis en el ñame.

En el caso de la combinación de boscalid + pyraclostrobin en el control de la antracnosis del ñame no existen reportes donde se hayan utilizados tales moléculas para el manejo de la enfermedad en este cultivo, sin embargo el boscalid ha sido probado en el control de diversas especies de *Colletotrichum* en plantas ornamentales, los resultados mostraron que esta combinación proporcionó un 100% de protección de las hojas durante un período de 15 días cuando se aplicó el mismo día de la inoculación (**Ali et al., 2019, Chai et al., 2022**). El pyraclostrobin ha sido ensayado en el control de la antracnosis causada por *C. gloeosporioides* en papaya, donde los resultados mostraron que la aplicación de pyraclostrobin a una concentración de 500 mg/L fue efectiva en el control de la enfermedad, logrando niveles de control del 81.8% (**Lopez-Navarrate, 2018**). En otro estudio, se evaluó la eficacia de cuatro fungicidas químicos, incluyendo una combinación de boscalid y piraclostrobin (B+P), contra *C. gloeosporioides* en frutos de papaya. Los resultados indicaron que la combinación B+P alcanzó una efectividad del 55.6% a una concentración de 1000 mg/kg. Aunque esta eficacia fue menor en comparación con otras combinaciones evaluadas (**Chan-Cupul et al., 2024**). Si bien es cierto, los resultados de estas investigaciones muestran la efectividad de estos principios activos (Boscalid y Piraclostrobin) de manera aislada o en mezclas en el control de *C.*

gloeosporioides en otros cultivos, los mismos coinciden con lo obtenido en esta investigación, generando la posibilidad de realizar nuevos ensayos con otras dosis y en diferentes localidades con mayor presión de inóculo de *C. gloeosporioides*.

El metil-tiofanato en este estudio demostró una eficiencia moderada con tendencia a la baja en cuanto al control de la antracnosis del ñame, obteniendo un 46.5% de incidencia en las unidades experimentales tratadas con este principio activo. Un estudio realizado en Costa Rica evaluó *in vitro* la eficacia de diez fungicidas comerciales, incluido el metil-tiofanato, sobre aislamientos de hongos asociados a la antracnosis en ñame. Los resultados indicaron que el metil-tiofanato mostró inhibición del crecimiento micelial únicamente en uno de los siete aislamientos evaluados, y solo a las concentraciones más elevadas del producto. Esto sugiere una eficacia limitada del metil-tiofanato contra *Colletotrichum* spp., en este contexto específico (**Arce-Araya et al., 2019**). Sin embargo, estos resultados no coinciden con lo reportado en Ghana donde el uso de metil-tiofanato de manera *in vitro* reportó el 100% de control de *Colletotrichum* spp (**Bakobedewo, 2015**).

La eficacia reducida del metil-tiofanato podría deberse a factores como la solubilidad del producto y su capacidad de difusión en el medio, así como a la posible resistencia desarrollada por los patógenos debido al uso repetido de fungicidas del grupo de los benzimidazoles, al cual pertenece el metil-tiofanato. Además de considerar que los ensayos se llevaron a cabo de manera *in vitro*, lo cual es cuestionable si se compara con esta investigación que se llevó a cabo en campo. De igual manera, esta baja eficacia del metil-tiofanato en el control de la antracnosis causada por *C. gloeosporioides* en el

cultivo de ñame en este estudio, pudo haber sido ocasionada por la existencia de diferentes variantes genéticas de *C. gloeosporioides* en campo, lo que coincide con los resultados obtenidos por **Arce-Araya et al., 2019**.

En cuanto al uso de hongos antagonistas, específicamente del *Trichoderma harzianum* en el control del género *Colletotrichum* en ñame, en este estudio resultó ser el menos efectivo alcanzando una incidencia del 52% de antracnosis en el cultivo. No obstante, un estudio realizado en la Universidad de Córdoba evaluó el manejo integrado de la antracnosis en ñame mediante estrategias para reducir el inóculo primario, la dispersión y el establecimiento del patógeno. Este estudio combinaba el uso de *Trichoderma* spp., extractos vegetales y fungicidas químicos. Los tratamientos con *Trichoderma* y fungicidas mostraron una reducción significativa en la severidad de la enfermedad, especialmente cuando se combinaron con la siembra intercalada de variedades resistentes (**Campo-Arana, 2011**). Existen otros estudios que ratifican el uso de *Trichoderma harzianum* y *Trichoderma viridae* asegurando que inhibe significativamente el crecimiento de *C. gloeosporioides* y otros patógenos (**Okigbo & Emeka, 2010; Gwa & Ekefan, 2021; Okigbo & Ikediugwu, 2000**).

En contraste, la falta de eficacia del *Trichoderma harzianum* (T4) en este estudio podría deberse a varios factores. Aunque *Trichoderma* spp. es conocido por su potencial como agente de biocontrol, su eficacia puede variar dependiendo de la cepa utilizada, las condiciones ambientales y la interacción con otros microorganismos presentes en el campo. Sin embargo, los estudios mencionados respaldan el uso de *Trichoderma* spp., como una estrategia eficaz y ecológica para el control de la antracnosis en el cultivo de

ñame. Su aplicación puede integrarse en programas de manejo integrado de enfermedades, reduciendo la dependencia de fungicidas químicos y promoviendo una agricultura más sostenible.

5.0 CONCLUSIONES.

- La antracnosis, enfermedad responsable de las manchas foliares en las plantas de ñame, oscurecimiento del tallo y muerte regresiva de la misma es causado por un complejo de hongos del género *Colletotrichum*, no así de una especie en específico.
- Se evaluaron cuatro fungicidas, tres de origen sintético y uno biológico, para determinar su eficacia en el control de la antracnosis. Los resultados indican que algunos fungicidas mostraron una reducción significativa en la incidencia y severidad de la enfermedad, lo que sugiere que su uso puede ser beneficioso para los agricultores en la región.
- El tratamiento con carbendazim (T1) demostró ser el más efectivo en la reducción de la incidencia y severidad de la antracnosis. Los datos indicaron que este fungicida logró disminuir notablemente los síntomas de la enfermedad en comparación con los demás fungicidas y el tratamiento testigo, lo que sugiere su potencial como una herramienta efectiva para el manejo fitosanitario del cultivo debido a su actividad sistémica.
- El tratamiento fúngico que combinaba la acción de boscalid + pyraclostrobin (T3) obtuvo un comportamiento similar al carbendazim en cuanto a control de la incidencia y severidad de la enfermedad, indicando que ambos tratamientos pueden ser utilizados para el manejo de la enfermedad en campo.

- El uso de *T. harzianum* (T4) como fungicida biológico demostró no ser efectivo en la reducción de la incidencia y severidad de la antracnosis en el ñame baboso, obteniéndose en la comparativa resultados similares y que no difieren con el tratamiento testigo (T5). Además, al realizar aplicaciones foliares en las plantas de ñame, su composición oleosa aumentaba los daños en el follaje con el aumento de la radiación solar, generando una apariencia de quemaduras en las hojas posterior a la aplicación.
- Los resultados mostraron una correlación notable entre las condiciones climáticas y el desarrollo de la enfermedad. La investigación reveló que factores como la humedad relativa y la temperatura no solo influyen en la severidad de la antracnosis, sino que también afectan la eficacia de los tratamientos fungicidas aplicados.
- El uso de fungicidas a base de carbendazim (T1), metil-tiofanato (T2) o la combinación de boscalid + pyraclostrobin (T3) son capaces de reducir los daños causados por *Colletotrichum* spp en el cultivo de ñame, específicamente en la variedad “baboso” el cual es altamente susceptible a este patógeno.
- Las aplicaciones foliares con fungicidas, con intervalos prolongados de tiempo entre ellas inciden significativamente en el efecto antifúngico que estos puedan tener sobre el patógeno.

- El manejo integrado de la enfermedad que incluya el uso de prácticas culturales como el saneado de la semilla, y la aplicación oportuna de fungicidas ayudaría a reducir notablemente las pérdidas por la antracnosis.
- Debido a que ninguno de los productos está registrado para ñame es posible que las dosis utilizadas a nivel de campo basadas en el cultivo de la papa en la etiqueta no sean las recomendadas para este cultivo.

6.0 RECOMENDACIONES.

- Realizar pruebas más específicas que identifiquen todas las especies del género *Colletotrichum* que intervienen en el complejo de hongos responsables de la antracnosis en el ñame baboso en la provincia de Darién y otras regiones del país que se dediquen a la explotación de este rubro.
- Es crucial seguir un calendario adecuado para las aplicaciones foliares de fungicidas, evitando intervalos prolongados que puedan disminuir su efectividad. Se debe establecer un programa regular que considere el ciclo del cultivo y las condiciones climáticas como humedad, temperatura y precipitación debido a su íntima relación con el desarrollo de la enfermedad.
- Se sugiere llevar a cabo investigaciones adicionales que analicen y comparen una variedad de dosis de los fungicidas que demostraron mayor eficacia en este estudio. Esta evaluación debe incluir no solo la efectividad en el control de la antracnosis, sino también un análisis del impacto en la salud general de las plantas, el rendimiento del cultivo y la sostenibilidad a largo plazo.
- Fomentar estudios adicionales sobre nuevas alternativas biológicas y sintéticas para el control de la antracnosis, así como investigar sobre posibles resistencias en cepas del hongo *Colletotrichum* spp., para asegurar un manejo sostenible a largo plazo.

7.0 REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Achurra, Z. (2018). Determinación de la incidencia y daños causados por fitonematodos en tubérculos de ñame (*Dioscorea* spp.), en postcosecha en la provincia de Darién [Tesis de maestría, Universidad de Panamá]. https://up-rid.up.ac.pa/1494/3/zulay_achurra.pdf
2. Advanced Biocontrollers. (2020). *BIOREACH*. Abiocontrollers. Recuperado 24 de noviembre de 2024, de <https://abiocontrollers.net/index.php/product/bioreach/>
3. Aguilar, E. (2021). Manual Del Cultivo De Ñame (*Dioscorea* spp.). [Manual técnico]. Instituto Nacional de Innovación y Transferencia en Tecnología Agropecuaria. Obtenido de: http://www.platicar.go.cr/images/buscador/documents/pdf/2021/Manual_ame_min_ed.pdf
4. Aguilera-Cogley, V. y Hernández, R (2023). Identificación de hongos causantes de manchas foliares en el cultivo de ñame. Libro de resúmenes del XIX Congreso Nacional de Ciencia y Tecnología - APANAC 2023. Hotel Marriot, Ciudad de Panamá, Panamá.
5. Ali, M. E., Hudson, O., Hemphill, W. H., Brenneman, T. B., & Oliver, J. E. (2019). First Report of Resistance to Pyraclostrobin, Boscalid, and Thiophanate-methyl in *Colletotrichum gloeosporioides* from Blueberry in Georgia. *Plant Health Progress*, 20(4), 261–262. <https://doi.org/10.1094/php-08-19-0058-br>

6. Arce, C., Varela, I., & Torres, S. (2019). Inhibición del crecimiento micelial de hongos asociados a antracnosis en ñame (*Dioscorea alata*). *Agronomía Mesoamericana*, 30(2), 381-393. <https://doi.org/10.15517/am.v30i2.32653>
7. Bakobedewo, D. (2015). "Evaluation of botanical products for the control of anthracnose (*Colletotrichum gloeosporioides* Penz) in yams (*Dioscorea rotundata* POIR)" [Master's thesis, University for Development Studies]. [http://www.udsspace.uds.edu.gh/bitstream/123456789/665/1/EVALUATION%20OF%20BOTANICALS%20FOR%20THE%20CONTROL%20OF%20ANTHRACNOSE%20\(Colletotrichum%20gloeosporioides%20Penz\)%20OF%20YAM%20\(Dioscorea%20rotundata%20POIR\).pdf](http://www.udsspace.uds.edu.gh/bitstream/123456789/665/1/EVALUATION%20OF%20BOTANICALS%20FOR%20THE%20CONTROL%20OF%20ANTHRACNOSE%20(Colletotrichum%20gloeosporioides%20Penz)%20OF%20YAM%20(Dioscorea%20rotundata%20POIR).pdf)
8. BASF (2021). Bellis 38 WG [Etiqueta del producto]. <https://agriculture.basf.com/cr/es/proteccion-de-cultivos/productos/bellis-38-wg>
9. Calderón, A., & León, L. (2018). Incidencia de pudrición negra del tubérculo de ñame, cultivado en un sistema agroforestal de agricultura migratoria en la provincia de Darién. [Tesis de grado]. Universidad de Panamá.
10. Campo, R y Pérez, D. 2015. Efecto de la densidad de siembra y la fenología del ñame (*Dioscorea* spp.) sobre la antracnosis (*Colletotrichum gloeosporioides*). *Fitopatología Colombiana* 39(2):37-40. https://www.researchgate.net/publication/309735844_EFECTO_DE_LA_DENSIDAD_DE_SIEMBRA_Y_LA_FENOLOGIA_DEL_NAME_Dioscorea_spp SOBRE_LA_ANTRACNOSIS_Colletotrichum_gloeosporioides

11. Campo, R. (2011). Manejo integrado de la antracnosis (*Colletotrichum* spp.) en ñame (*Dioscorea alata*), mediante el uso de alternativas para reducir el inoculo primario, la dispersión y el establecimiento del patógeno. [Informe final]. Universidad de Córdoba.
https://www.researchgate.net/publication/301726217_MANEJO_INTEGRADO_DE_LA_ANTRACNOSIS_Colletotrichum_spp_EN_NAME_Dioscorea_alata_MEDIANTE_EL_USO_DE_ALTERNATIVAS_PARA_REDUCIR_EL_INOCULO_PRIMARIO_LA_DISPERSION_Y_EL_ESTABLECIMIENTO_DEL_PATOGENO
12. Campo-Arana, R., & Royet-Barroso, J. (2020). La antracnosis del ñame y estrategias de manejo: una revisión. *Temas Agrarios*, 25(2), 190-201.
<https://doi.org/10.21897/rta.v25i2.2458>
13. Campo-Arana, R., Obando-Echeverría, M., & Pérez-Polo, D. (2022). Resistencia de genotipos de ñame *Dioscorea* spp a la antracnosis *Colletotrichum gloeosporioides* Penz. *Biotecnología en el Sector Agropecuario y Agroindustrial*, 21(1), 85-96. <https://doi.org/10.18684/rbsaa.v21.n1.2023.1985>
14. Chai, Q., Xu, J., Guo, Y., Hou, Y., Hou, X., & Liu, S. (2022). Inhibitory activity of three types of fungicides on *Cladosporium paeoniae* and their control efficacy against paeony leaf mold. *European Journal of Plant Pathology*, 163(3), 707–717. <https://doi.org/10.1007/s10658-022-02509-7>
15. Chan-Cupul, W., Ruelas-Jurado, J., Sánchez-Rangel, J., Buenrostro-Nava, M., Manzo-Sánchez, G. (2024). Efficacy of chemical fungicides against the

anthracnose disease caused by *Colletotrichum gloeosporioides* in *Carica papaya* fruits. *Agro Productividad*. <https://doi.org/10.32854/agrop.v17i4.2583>

16. De Silva, D., Crous, P., Ades, P., Hyde, K., & Taylor, P. (2017). Life styles of *Colletotrichum* species and implications for plant biosecurity. *Fungal Biology Reviews*, 31(3), 155-168. <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S174946131630094X>
17. Gwa, V. & Emefan, E. (2017). Fungal Organisms Isolated from Rotted White Yam (*Dioscorea rotundata*) Tubers and Antagonistic Potential of *Trichoderma harzianum* against *Colletotrichum* Species. *Agricultural Research & Technology Open Access Journal*, 10(3). <https://doi.org/10.19080/artoaj.2017.10.555787>
18. Hernández, R. (2020). Innovación de tecnologías en los cultivos de yuca y ñame en Herrera y Veraguas. IDIAP. Recuperado 2 de diciembre de 2023, de <https://proyectos.idiap.gob.pa/proyectos/Innovacion-de-tecnologias-en-los-cultivos-de-yuca-y-name-en-Herrera-y-Veraguas/es>
19. IMHPA (2021). LXIV Perspectiva del Clima de América Central y República Dominicana. LXIV Foro del Clima de América Central. Obtenido de: https://www.imhpa.gob.pa/uploads/documentos/Perspectiva_MJJ_2021.pdf
20. Jiménez, D., & Hernández, R. (2012). Manual Técnico del Cultivo del Ñame [Manual técnico]. Instituto de Innovación Agropecuario de Panamá. Obtenido de: <https://chm.cbd.int/api/v2013/documents/05B386D2-5BCD-A52D-6097-F853803CC619/attachments/205363/Cultivo%20de%20%C3%B1ame.pdf>

21. López-Navarrete, M. (2018). Uso de fungicidas y tratamiento térmico postcosecha para control de antracnosis en frutos PAPAYA MARADOL. *Agro Productividad*, 4(3). <https://revista-agroproductividad.org/index.php/agroproductividad/article/view/580>
22. Méndez, Y., Palencia, J., Hernández, K., Hernández, E., & Beltrán, J. (2013). REACCION DE GENOTIPOS DE ÑAME (*Dioscorea* spp) A LA ANTRACNOSIS (*Colletotrichum gloeosporioides*). *Temas Agrarios*, 18(1), 34-40. http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1692-35612023000100085
23. Michereff, S., Maffia, L., & Noronhn, M. (2000). Escala Diagramática Para Avaliação Da Severidade Da Queima Das Folhas Do Inhame. *Fitopatologia Brasileira*, 25(4), 612–619.
24. MIDA (2019). Ficha Técnica Del Cultivo De Ñame [Ficha técnica]. Obtenido de: <https://mida.gob.pa/wp-content/uploads/2020/05/Ra%C3%ADces-y-Tub%C3%A9rculos.pdf>
25. MIDA (2023). Cierre agrícola 2022-2023. Obtenido de: <https://mida.gob.pa/wp-content/uploads/2022/11/CIERRE-2022-2023-ultimo-23-11.pdf>
26. MO, Otusanya. (2018). Calcium Nitrate Fertilizer Effect on Anthracnose Disease Caused by *Colletotrichum gloeosporioides* Penz. and Tuber Rot by *Botryodiplodia theobromae* pat. in *Dioscorea Alata* Variety Alakisa. *Biomedical Journal of Scientific & Technical Research*, 7. 10.26717/BJSTR.2018.07.001493.

27. Monteón, A. (2012). Epidemiología y manejo químico de la antracnosis (*Colletotrichum gloeosporioides* Penz) y cenicilla (*Oidium mangiferae* Berthet) en mango (*Manguífera indica* L.) Cv. Manila en el Trópico Subhúmedo de Guerrero, México [Tesis de maestría, Instituto de enseñanza e investigación en ciencias agrícolas]. http://colposdigital.colpos.mx:8080/jspui/bitstream/handle/10521/752/Monteon_Ojeda_A_MC_Fitopatologia_2012.pdf?sequence=1&isAllowed=y
28. National Center for Biotechnology Information (2024). PubChem Compound Summary for CID 25429, Carbendazim. Retrieved December 6, 2024, from <https://pubchem.ncbi.nlm.nih.gov/compound/Carbendazim>
29. National Center for Biotechnology Information (2024). PubChem Compound Summary for CID 25429, Pyraclostrobin. Retrieved December 6, 2024, from <https://pubchem.ncbi.nlm.nih.gov/compound/Pyraclostrobin>
30. Okigbo, R. N., & Ikediugwu, F. E. O. (2000). Studies on Biological Control of Postharvest Rot in Yams (*Dioscorea* spp.) using *Trichoderma viride*. *Journal of Phytopathology*, 148(6), 351–355. <https://doi.org/10.1046/j.1439-0434.2000.00515.x>
31. Okigbo, R.N Emeka, A.N (2010): Biological control of rot-inducing fungi of water yam (*Dioscorea alata*) with *Trichoderma harzianum*, *Pseudomonas syringe* and *Pseudomonas chlororaphis*. *Journal of stored product Research*, 1(2),18-23. <https://academicjournals.org/journal/JSPPR/article-full-text-pdf/2896FB88431>

32. Pinzón, Y. (2014). Caracterización morfológica y molecular de *Colletotrichum gloeosporioides* aislado de ñame (*Dioscorea* spp.) y establecimiento de una escala de virulencia para su caracterización patogénica [Tesis de maestría, Universidad Nacional de Colombia].
<https://repositorio.unal.edu.co/bitstream/handle/unal/75192/1026251587.2014.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
33. PPDB: Pesticide Properties DataBase (2024). Boscalid. Recuperado el 6 de diciembre de 2024 obtenido de:
<https://sitem.herts.ac.uk/aeru/ppdb/en/Reports/86.htm>
34. PPDB: Pesticide Properties DataBase (2024). Carbendazim. Recuperado el 6 de diciembre de 2024 obtenido de:
<https://sitem.herts.ac.uk/aeru/ppdb/en/Reports/640.htm>
35. PPDB: Pesticide Properties DataBase (2024). Thiophanate-Methyl. Recuperado el 6 de diciembre de 2024 obtenido de:
<https://sitem.herts.ac.uk/aeru/ppdb/en/Reports/116.htm>
36. Rodríguez, W., (2000). Botánica, domesticación y fisiología del cultivo de ñame (*Dioscorea alata*). *Agronomía Mesoamericana*, 11 (2), 133-152.
<https://www.redalyc.org/pdf/437/43711221.pdf>
37. Rosado, Y. (2016). Evaluación de fungicidas orgánicos y convencionales para el control de enfermedades foliares en ñame (*Dioscorea alata* L.) [Tesis de maestría, Universidad de Puerto Rico].

https://www.researchgate.net/publication/309592254_EVALUACION_DE_FUNGICIDAS_ORGANICOS_Y_CONVENCIONALES_PARA_EL_CONTROL_DE_ENFERMEDADES_FOLIARES_EN_NAME_DIOSCOREA_ALATA_L

38. Ruiz, E. (2003). Severidad del complejo de enfermedades foliares en el cultivo de ñame (*Dioscorea alata* L.) en diferentes densidades de siembra y soportes vivos de madera negro [*Gliricidia sepium* (jacq.) walp] y su rentabilidad en Azuero, Panamá. [Tesis de maestría, CATIE].
<https://repositorio.catie.ac.cr/handle/11554/5530>