UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA

FACULTAD DE AGRONOMÍA

INSTITUTO DE INVESTIGACIONES AGRONÓMICAS Y AMBIENTALES

MANEJO DE OJO NEGRO, *Penicillium* sp. EN PIÑA (*Ananas comosus* L. Merr.) HÍBRIDO MD2, SANTO DOMINGO, SUCHITEPÉQUEZ, GUATEMALA

IRVIN SANTIAGO ELIÚ MORALES ENRIQUEZ

GUATEMALA, OCTUBRE 2024

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA

FACULTAD DE AGRONOMÍA

INSTITUTO DE INVESTIGACIONES AGRONÓMICAS Y AMBIENTALES

TESIS

MANEJO DE OJO NEGRO, *Penicillium* sp. EN PIÑA (*Ananas comosus* L. Merr.) HÍBRIDO MD2, SANTO DOMINGO, SUCHITEPÉQUEZ, GUATEMALA

PRESENTADO A LA HONORABLE JUNTA DIRECTIVA DE LA FACULTAD DE AGRONOMÍA DE LA UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA

POR

IRVIN SANTIAGO ELIÚ MORALES ENRIQUEZ

EN EL ACTO DE INVESTIDURA COMO
INGENIERO AGRÓNOMO

EN

SISTEMAS DE PRODUCCIÓN AGRÍCOLA

EN EL GRADO ACADÉMICO DE

LICENCIATURA

GUATEMALA, OCTUBRE 2024

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA

FACULTAD DE AGRONOMÍA

RECTOR

M. A. WALTER RAMIRO MAZARIEGOS BIOLIS

JUNTA DIRECTIVA DE LA FACULTAD DE AGRONOMÍA

DECANO	Dr. Marvin Roberto Salguero Barahona
VOCAL II	Dra. Gricelda Lily Gutiérrez Álvarez
VOCAL III	Ing. Agr. Jorge Mario Cabrera Madrid
VOCAL IV	Br. Sahara Yarith Méndez Anckermann
VOCAL V	P.A.E. Yonshual Nehemías Xinico Ajú
SECRETARIO	Ing. Agr. Edi Noé Quan Barrios

GUATEMALA, OCTUBRE 2024

Guatemala, octubre de 2024

Honorable Junta Directiva
Honorable Tribunal Examinador
Facultad de Agronomía
Universidad de San Carlos de Guatemala

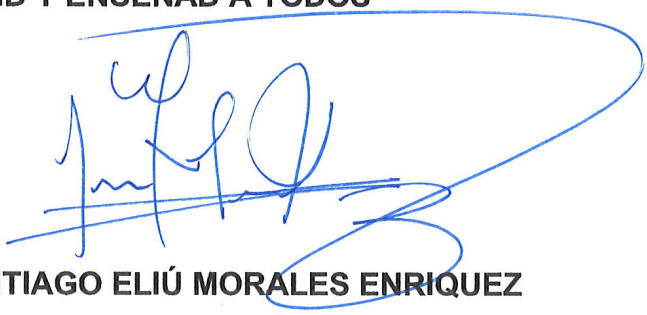
Honorables miembros:

De conformidad con las normas establecidas por la Ley Orgánica de la Universidad de San Carlos de Guatemala, tengo el honor de someter a su consideración, el trabajo de graduación titulado: **"MANEJO DE OJO NEGRO, *Penicillium* sp. EN PIÑA (*Ananas comosus* L. Merr.) HÍBRIDO MD2, SANTO DOMINGO, SUCHITEPÉQUEZ, GUATEMALA"** como requisito previo a optar al título de **Ingeniero Agrónomo en Sistemas de Producción Agrícola**, en el grado académico de **Licenciatura**.

Dicho trabajo de graduación se presenta con los requisitos necesarios para su aprobación, me es grato suscribirme.

Atentamente,

"ID Y ENSEÑAD A TODOS"



IRVIN SANTIAGO ELIÚ MORALES ENRIQUEZ

ACTO QUE DEDICO

A:

DIOS	Mi Padre eterno, Fuente de vida, dador de todo conocimiento y sabiduría. Mil gracias por tenerme aquí.
MIS PADRES	Santiago Morales y Leyvimarlot Enriquez por el amor y apoyo económico brindado durante estos años de estudio.
MIS PADRES ESPIRITUALES	Jozabed Díaz y Liliana Barrios por la guianza, paciencia, fe y amor depositado. Gracias por acompañarme y estar siempre presentes.
MI ESPOSA	Ligia Oliva por enseñarme que cada día puedo ser mejor, mucho de lo que soy es gracias a ti. Siempre seremos todo o nada.
MIS HIJOS	Elena y Santiago Morales por amarme y pintar todos mis días de colores.
MIS HERMANOS	Sucely Domínguez, Haendel y Madeline Morales, gracias por tantas convivencias vividas.
MI CUÑADO	Arón Díaz espero que lo que ven tus ojos hoy, sea también un cumplimiento en tu vida el día de mañana.
MI ABUELA	Isabel Ajeatas siendo esto un reconocimiento de honra y amor.

TRABAJO QUE DEDICO

A:

Dios Padre autor y fundador del mundo

Mis padres

Mis padres espirituales

Mi esposa

Universidad de San Carlos de Guatemala

Facultad de Agronomía

Mis asesores

AGRADECIMIENTOS

A:

PUEBLO DE GUATEMALA	Por la oportunidad de acceder a una educación superior.
OPERACIONES DEL CAMPO S.A.	Por brindarme el espacio, adquisición de conocimientos y realización del Ejercicio Profesional Supervisado.
MIS ASESORES	Dr. Amilcar Sánchez por el acompañamiento y enseñanza desde su experiencia, y al Ing. Agr. José Luis Álvarez por su noble trabajo y apoyo durante todo este proceso.
GERENTE DE PRODUCCIÒN	Ing. Agr. Jorge Luis Contreras, por la impartición de conocimiento y experiencia en el manejo agrícola, pero sobre todo la enseñanza del amor y temor a Jehová.
FACULTAD DE AGRONOMÍA	Casa suprema de estudios, gracias por todos los conocimientos impartidos.

ÍNDICE DE CONTENIDO

Contenido **Página**

1. Resumen 1
2. Introducción 3
3. Marco teórico 4
4.1. Marco Conceptual 4
4.1.1. Importancia económica de la piña 4
4.1.2. Exportación del cultivo de piña 4
4.1.3. Cultivo de piña 5
4.1.3.1. Taxonomía del cultivo de piña 5
a. Tallo 5
b. Hojas 6
c. Raíces 6
d. Inflorescencia 6
e. Floración 6
f. Fruto 7
4.1.3.1. Requerimientos edafoclimáticos 7
g. Riego 7
h. Temperatura 7
i. Luminosidad 7
j. Suelo 8
4.1.3.2. Requerimientos nutricionales 8
4.1.3.3. Inducción floral 8
4.1.4. Plagas del cultivo de piña, según Garcia (2018). 9
4.1.4.1. Sinfilidos 9
4.1.4.2. Cochinilla (*Dysmicoccus brevipes*) 9
4.1.4.3. Tecla (*Strymon basilides*) 9
4.1.4.4. Gusano soldado (*Spodoptera* spp) 9
4.1.5. Enfermedades del cultivo de piña 10
4.1.5.1. Podredumbre bacteriana (*Erwinia* spp*)* 10
4.1.5.2. Podredumbre fungosa (*Phytophthora spp*) 10
4.1.5.3. Enfermedad de ojo negro en piña (*Penicillium* sp). 10
a. Taxonomía 10

Contenido **Página**

b. Descripción y sintomatología 11
4.1.6. Cultivares de piña 11
4.1.6.1. Híbrido MD2 11
4.2. Marco Referencial 13
4.2.1. Ubicación 13
4.2.2. Acceso: 13
4.2.3. Condiciones climáticas 13
4.2.4. Suelos 13
4.2.5. Ingredientes activos sometidos a evaluación 14
4.2.6. Antecedentes 17
5. Objetivos 20
5.1. Objetivo General 20
5.2. Objetivos específicos 20
6. Metodología: 21
6.1. Diseño experimental 21
6.1.1. Modelo estadístico 21
6.2. Tratamientos 21
6.3. Manejo del experimento 22
6.4. Variables de respuesta 22
6.4.1. Incidencia de frutos dañados en la pulpa por *Penicillium sp.* 22
6.4.2. Tercio infectado 22
6.4.3. Nivel de severidad del daño 22
6.5. Análisis de los resultados 23
7. Resultados y discusiones 24
7.1. Incidencia de *Penicillium* sp en la pulpa de frutos de piña. 24
7.2. Tercio de fruto infectado por *Penicillium* sp. 27
7.3. Nivel de severidad del daño por *Penicillium* sp. 29
8. Conclusiones: 33
9. Recomendaciones 33
10. Referencias 34
11. Apéndices 37
11.1. Apéndice A 37

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura **Página**

Figura 1 Anatomía del fruto de piña 5
Figura 2 Variedad MD2 12
Figura 3 Incidencia de *Penicillium* sp. en pulpa de frutos de drenaje..... 24
Figura 4 Incidencia de *Penicillium* sp. en pulpa de frutos de centro..... 25
Figura 5 Incidencia de *Penicillium* sp. en pulpa de frutos totales 26
Figura 6 Tercio del fruto infectado por *Penicillium* sp. en pulpa de frutos totales..... 29
Figura 7 Daño acumulado según el nivel de severidad de *Penicillium* sp. 30
Figura 8 Análisis cluster del nivel de daño e incidencia de *Penicillium* sp..... 32

ÍNDICE DE TABLAS

Tablas **Página**

Tabla 1 Requerimientos nutricionales del cultivo de piña..... 8
Tabla 2 Información técnica de Fludioxonil 14
Tabla 3 Información técnica de Prochloraz 15
Tabla 4 Información técnica de Triadimefon 15
Tabla 5 Tratamientos de fungicidas evaluados para el control de *Penicillium* 21
Tabla 6 Incidencia de *Penicillium* en frutos de piña..... 27
Tabla 7 Tercio de fruto infectado por *Penicillium* sp. 28
Tabla 8 Nivel de daño ocasionado por *Penicillium* 31
Tabla 9 Nivel de daño ocasionado por *Penicillium* según tercio de fruto infectado. 31
Tabla 10 A Análisis de varianza para la variable incidencia de *Penicillium* sp. en frutos de piña 37
Tabla 11 A Análisis de varianza y prueba de medias para la variable nivel de severidad del daño por *Penicillium* sp. 38
Tabla 12 A Análisis de varianza y prueba de medias para la variable nivel de severidad del daño por *Penicillium* sp. 39

MANEJO DE OJO NEGRO, *Penicillium* sp. EN PIÑA (*Ananas comosus* L. Merr.) HÍBRIDO MD2, SANTO DOMINGO, SUCHITEPÉQUEZ, GUATEMALA.

1. Resumen

La importancia del cultivo de piña (*Ananas comosus* L. Merr.) en Guatemala radica tanto en el valor nutricional que aporta, y abarca el tema económico. La principal variedad híbrida del cultivo es MD2, la cual es conocida por calidad, sabor y aroma; siendo cultivada de manera amplia (Guatemala, Izabal, Escuintla y Suchitepéquez) y exportada a países como Estados Unidos, México y España. Como todo cultivo de producción sufre del ataque de patógenos y plagas que al sobrepasar el umbral económico se convierte en una merma o pérdida de producción, siendo la piña afectada por un problema grave llamado enfermedad del ojo negro causada por el hongo *Penicillium* sp., la cual provoca manchas de color marrón oscuras alrededor de los frutillos, aunque al principio el daño es interno y no se logra ver a simple vista, y a medida que la enfermedad avanza, el fruto es más susceptible a pudriciones visibles (daño externo) dando como resultado el descarte total del fruto para venta y/o exportación.

En la Finca San Luis, ubicada en el departamento de Suchitepéquez, la cual es productora del cultivo de piña, también ha presentado daños y pérdidas de producción por la enfermedad de ojo negro, datos que oscilan entre el 5 y 15% en el proceso de empaque de fruta para exportación durante más de 15 años. Dado a lo anterior se realizó el trabajo de evaluación de eficacia biológica de tres ingredientes activos (fludioxonil, prochloraz y triadimefon) por medio de un diseño experimental de bloques completos al azar, con 4 tratamientos (testigo y los ingredientes activos) y 3 repeticiones. Las aplicaciones ejecutadas fueron dos, la primera a los 40 días después de la inducción floral ó forza, y la segunda fue realizada a los 17 días después de la primera aplicación. Las variables evaluadas fueron tres: la primera la incidencia de frutos dañados en la pulpa (daño interno), la segunda el tercio infectado del fruto (tercio superior, medio o bajo de la pulpa), por último, la tercera fue del nivel de severidad del daño (leve, moderado y severo).

Los resultados obtenidos en la realización de este trabajo, en la variable de incidencia de frutos dañados en la pulpa claramente se observa que los ingredientes activos fueron efectivos en un 33%, 38% y 42% para fludioxonil, prochloraz y triadimefon respectivamente, a comparación del testigo absoluto que presentó el 75% de daño en pulpa. En la variable del tercio infectado los datos indican que el tercer tercio (apical) presentó la mayoría de las infecciones, pero los tratamientos con ingredientes activos lograron la protección del primer y segundo tercio a comparación del testigo absoluto.

Por último, la variable respuesta de nivel de severidad del daño en donde los tratamientos con ingredientes activos presentaron en la mayoría daños leves y en ningún caso daños graves en comparativa con el testigo absoulto (daño grave del 50%), siendo el ingrediente activo fludioxonil con mejor control, seguido de prochloraz y triadimefon.

Al finalizar este trabajo, se determinó lo siguiente: por medio de análisis estadístico con pruebas de varianza y de medias que la implementación de ingredientes activos controla significativamente la enfermedad de ojo negro con respecto al testigo absoluto, tanto en incidencia y severidad del daño. Esto último avalado por el análisis clúster el cuál determinó que fludioxonil y prochloraz fueron los tratamientos más efectivos y significativamente iguales.

Palabras clave: *fludioxonil, frutillo, Penicillium, prochloraz.*

2. Introducción

El cultivo de piña (*Ananas comosus* L. Merr.) en Guatemala, se encuentra distribuidaen los siguientes departamentos: Guatemala (36%), Izabal (14%), Escuintla (11%) y otros departamentos (39% como lo son Santa Rosa, Alta Verapaz, Petén, Retalhuleu, Suchitepéquez, San Marcos, Quiché y Chiquimula). Además, para el año de 2013 generó 1,266,900 de empleos directos de campo y 4,525 empleos permanentes.

Dentro del manejo del cultivo de piña, se incluye la preparación del terreno, siembra,riego, fertilización, muestreos de plagas y enfermedades con el respectivo control mediante técnicas biológicas o químicas como los agroquímicos, hasta llegar a su cosecha y empaque. En la finca San Luis por más de quince años han presentado perdidas por la enfermedad “ojo negro” provocada por *Penicillium sp* que genera daños de pudrición en los frutillos en la pulpa de la fruta. A partir del año de 2,016 el porcentaje de fruta dañada oscila entre 5% hasta el 15% de daño severo y/o externo por dicha enfermedad, según reportes de empacadora, descalificando la fruta para el comercio.

En la presente investigación de campo se evaluó el efecto de triadimefon, prochlorazy fludioxonil para el control de la enfermedad. En donde se obtuvo un control aceptable sobre dicha enfermedad con los ingredientes activos mencionados.

3. Marco teórico

4.1. Marco Conceptual

4.1.1. Importancia económica de la piña

El cultivo de piña es de importancia por el valor nutricional, además es utilizado en muchas regiones de Latinoamérica como un cultivo de subsistencia, ya que tiene un amplio rango de adaptación y manejo.

De acuerdo con Tropical Fruits Spanish (2017) se producen más de 26 millones detoneladas anuales, que generan un estimado de USD $14,900 millones a nivel mundial, por lo cual se considera de los frutos de mayor importancia, ya que puede abarcar 20% del volumen total de frutos. (González, 2019)

Debido a que Guatemala tiene las características edafoclimáticas propias para el cultivo de piña, se han formado grupos de productores organizados en cooperativas para optimizar los procesos y acceder a mercados internacionales. Actualmente, la producción nacional de la piña ha incrementado, denotando la calidad del fruto, lo que ha permitido la exportación a otros países como México, El Salvador, Honduras y Estados Unidos (InverDesa, 2016). En el 2015 se reporta una producción de 5.5 millones de quintales del fruto, lo que alcanza los USD 8,5 millones. (Procomer, 2018). La producción de piña aporta 0.35% al PIB nacional y 3.22% al PIB agrícola. (AKIANTO, 2012)

4.1.2. Exportación del cultivo de piña

El incremento de la cosecha es imperativo para satisfacer la demanda actual de este cultivo. Banguat reporto que entre 2008 y 2015 la producción incremento 23%.La producción en Guatemala: Jocotillo Villa Canales, Santa Rosa y Suchitepéquez. (Procomer, 2018)

De acuerdo a Estadísticas del comercio para el desarrollo internacional de las empresas (TRADEMAP), Guatemala exporta piña fresca a Estados Unidos, El Salvador, Honduras, Nicaragua, Jordania, Panamá, España, Alemania y Costa

Rica, reportando exportaciones de USD $11.02 millones en el 2022, valor que ha presentado baja fluctuación desde el 2018. (TRADEMAP, 2023)

4.1.3. Cultivo de piña

4.1.3.1. Taxonomía del cultivo de piña

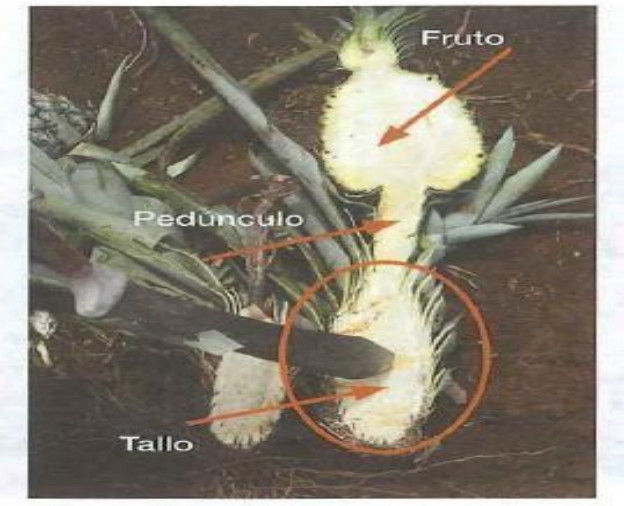
La piña (*Ananas Comosus* L. Merr.) pertenece a la familia de las *bromeliáceas*, monocotiledónea, herbácea, perenne, de reproducción asexual. La clasificación taxonómica según Cronquist (1981) corresponde a; **Reino:** plantae, **División:** Magnoliophyta, **Clase:** Liliopsida, **Orden:** Bromeliales, **Familia:** Bromeliaceae, **Género:** Ananas y **Especie:** Comosus.

a. Tallo

El tallo puede alcanzar una extensión de 25 a 40 centímetros, abarcando una basede 2.5 hasta 4 centímetros y una distancia de 6.5 a 7.5 centímetros por debajo del meristemo terminal. (Garita, 2014).

Figura 1

Anatomía del fruto de piña



Nota. Garita (2014).

b. Hojas

Las hojas son lanceoladas, usualmente con borde acerrado, con disposición en espiral en roseta. La lamina foliar es alargada y acanalada de 2 a 3 cm de ancho y hasta un metro de largo, una planta adulta puede poseer entre las 70 y 80 hojas lanceoladas (González, 2021).

c. Raíces

El sistema radicular de la piña se compone de dos tipos de raíces, las cuales son primaria y secundarias. La raíz primaria se origina a partir del embrión, estas pueden alcanzar hasta 60 cm de longitud, mismas que son las responsables del anclaje d de la planta. A partir de las raíces primarias se originan las raíces secundarias, queson las responsables de la absorción de nutriciones. (Garita, 2014)

d. Inflorescencia

La flor es trímera, con bráctea compuesta por tres sépalos, tres pétalos, seis estambres situados en dos verticilos, un pistilo tricarpelar con ovario ínfero. Pétalos liguliformes, azul púrpura. La corola es de cilíndrica, de la cual se origina tres estigmas. Este cultivo genera fruto sin necesidad de fecundación (partenocarpia); del ovario hipógino se desarrollan unos frutos en forma de baya.

La inflorescencia alberga una cantidad de 100 y 200 flores en forma de espiral y fusionadas. La cáscara se compone de sépalos y brácteas de la flor, y la pulpa carnosa de la pulpa (González, 2021).

e. Floración

La planta de piña realiza tres floraciones que ocurren después de 47 días de tratar con flores o fuerza. La primera flor se hace en la parte basal durante 47 días. La segunda floración se produce a los 54 días después de la forza en la zona del entorno inferior, y posteriormente, la tercera floración se produce a los 63 días después de la forza en la zona apical. (MAG, 1991)

f. Fruto

El fruto es de aspecto ovalado o cilíndrico, con longitud de 30 cm y diámetro de 15 cm aproximadamente. En la parte superior del fruto se encuentra la corona, la cual se desarrolla durante el proceso de formación del fruto en un estado de letargo, y al reactivarse, puede ser empleada como semilla. La maduración del fruto desde su formación requiere de 5 meses. (González, 2021)

4.1.3.1. Requerimientos edafoclimáticos

g. Riego

El cultivo de piña requiere 1800mm de precipitación por año o bien 75 mm/mes para un rendimiento óptimo, con valores de precipitación inferiores a estos, es necesarioañadir el riego con un sistema de aspersión.

La piña al ser una planta CAM presenta bajo requerimiento de agua, pudiendo desarrollarse con 1000 mm por año. Sin embargo, con la aplicación de riego mínimoel crecimiento se retarda y afecta el tamaño y calidad del fruto.

h. Temperatura

De acuerdo con la investigación de Aguas & Ushiña (2012), el rango óptimo de temperatura el desarrollo del cultivo es de 18 a 32 °C. En temperatura inferior puede presentarse floración acelerada y menor tamaño en los frutos. Si la temperatura es elevada, el fruto puede presentar quemadura por sol, afectando la respiración y disminuyendo la acides, afectando la absorción de nutrientes.

i. Luminosidad

El cultivo de piña requiere un mínimo de 1200 horas luz, con un óptimo de 1500 horas. Si hay menos de tres horas de luz al día se puede reducir la producción en 10% a 20%. (Aguas & Ushiña, 2012)

j. Suelo

El cultivo de piña en suelos básicos es propenso a pudriciones en la raíz por patógenos como *Phytophthora*. Adiciona a esto, el pH acido afecta negativamente el crecimiento de la raíz y la nutrición disponible para la planta, principalmente de potasio y calcio.

4.1.3.2. Requerimientos nutricionales

El cultivo de piña tiene altos requerimientos de nutrientes, siendo los más demandados e importantes N, P y el K seguidos por Ca, Mg, Fe. Los niveles nutricionales tienen efecto directo sobre el rendimiento y la calidad de los frutos obtenidos. El uso de fosforo es fundamental en el momento del establecimiento del cultivo, ya que este ayuda al crecimiento y desarrollo del sistema radicular.

Tabla 1

Requerimientos nutricionales del cultivo de piña.

Recomendación de fertilización según densidad de siembra (kg/ha)					
	N_2	P_20_5	K_20	CaO	MgO
37,500 planta/ha	64	23	163	25	15
50,000 planta/ha	85	30	218	34	20
80,000 planta/ha	136	48	348	54	32

Nota. San (1991).

4.1.3.3. Inducción floral

El ápice vegetativo produce únicamente hojas durante las primeras etapas del cultivo, sin embargo, al madurar dicho ápice se vuelve reproductivo, dando origen al primordio floral que posteriormente forma la inflorescencia. Este proceso es natural, sin embargo, existen métodos artificiales para acelerarlo y obtenerlo de manera homogénea en una población deseada.

En el caso de la floración natural, la producción es desordenada y en lapso de tiempo prolongado, lo cual repercute económicamente al productor. Para evitar los problemas dados por la producción desuniforme, se recurre a técnicas para la inducción floral, la cual es denominada Forza. Esta técnica consiste en aplicar hormonas en la planta, pero no se consigue controlar completamente la floración. (Aguas & Ushiña, 2012)

4.1.4. Plagas del cultivo de piña, según Garcia (2018).

4.1.4.1. Sinfilidos

Estos artrópodos son de color blanco y de cuerpo blando, similares a los cien pies. Poseen 12 pares de patas. Se alimentan principalmente de las raíces. En el cultivo de piña el daño provocado por los Sinfilidos puede provocar el efecto llamado "escoba de bruja" en las raíces. Esto es visible en el tejido aéreo, ya que este se torna de color café debido a la falta de raices con las cuales sustentar los requerimientos nutricionales de la planta.

4.1.4.2. Cochinilla (*Dysmicoccus brevipes*)

EL principal daño provocado por la cochinilla es el amarillamiento en el tejido aéreo y daños en los frutos. La cochinilla se alimenta de la savia elaborada presentes en los rallos, raices y frutos. Como daño colateral, trasmiten el virus de la marchites Wilt. Esta plaga es considerada de importancia ya que es cuarentenaria.

4.1.4.3. Tecla (*Strymon basilides*)

El daño es provocado por la larva de la polilla, la cual hace galerías dentro de la pulpa del fruto, esto deja un exudado denominado Gomosis sobre el fruto. El daño provocado por dicha palomilla afecta la calidad del fruto. La galería provocada por la larva da paso a infecciones secundarias de hongos y bacterias.

4.1.4.4. Gusano soldado (*Spodoptera* spp)

El gusano soldado provoca lesiones externas sobre el fruto, dejando a su paso una coloración traslucida en la pulpa. Al paso del gusano se forma un exudado trasparante o café, que se observa como oxidación del tejido.

4.1.5. Enfermedades del cultivo de piña

4.1.5.1. Podredumbre bacteriana (*Erwinia* spp*)*

Esta bacteria causa pudrición blanda-acuosa, se desarrolla en las hojas basales o en el cogollo de la planta infectada. Erwinia puede ser trasmitida por viento, roció, insectos. Es más frecuente y agresiva la infección de dicha bacteria en plantas que tienen de cuatro meses a ocho. El tejido aéreo se torna de color amarillo, y con los ápices secos.

4.1.5.2. Podredumbre fungosa (*Phytophthora spp*)

La pudrición por *Phytophthora* inicia en el corazón de la roseta, y es transportada por el agua. El daño por esta enfermedad es severo en suelos con problemas de drenaje. Esta patología afecta principalmente la raíz en etapas de desarrollo vegetativo. La pudrición en el meristemo apical se torna de color pardo y con fuerte olor a putrefacción. (Vargas, 2011).

4.1.5.3. Enfermedad de ojo negro en piña (*Penicillium* sp)*.*

a. Taxonomía

La primera clasificación taxonómica de Penicillium fue realizada por Johann Heinrich, la cual es descrita como: **Reino**: Fungi, **Phyllum:** Ascomycota, **Clase:** Eurotiomycetes, **Subclase:** Eurotiomycetidae, **Orden:** Eurotiales, **Familia:** Trichocomaceae y **Género:** *Penicillium*

La “enfermedad ojo negro” recibe su nombre de las características manchas de color marrón oscuro que se forman alrededor de los fruticulos. Estas marcas son visibles en el interior del fruto, bajo el exocarpo, cuando la lesión se encuentra en sus primeras etapas. A medida que avanza la enfermedad se pueden observar manchas amarillentas en la zona central de la piña, afectando la cáscara del fruto, como señalaron Barral, Chillet y Doizy en su estudio de 2020.

b. Descripción y sintomatología

La fruta presenta marcas marrones oscuro que rodean los frutillos, esto es principalmente el resultado de la oxidación de compuestos fenólicos a quinonas, causada por la actividad de las enzimas polifenol oxidas y lacasa por efecto de la presencia de Peniciillium. Además, condiciones ambientales, temperaturas entre 25°C y 30°C y una elevada humedad, propician el desarrollo del *Penicillium*, (Pierre,1997). Estos daños son visibles, en los inicios de la infección, debajo de la cáscaradel fruto; sin embargo, a medida que avanza se observar una marca amarillenta, principalmente en la parte media de la piña.

La patología de ojo negro se caracteriza por la pudrición de los frutillos individuales,lo cual es indetectable a simple vista desde el exterior, lo que dificulta la identificación de los frutos dañados durante las actividades en el área de clasificación y empaque para la exportación. (Tustin, 2006)

4.1.6. Cultivares de piña

Dentro de la familia Bromeliaceas existen 1,400 especies, incluyendo la piña, la cual es una planta herbácea tipo CAM. Dentro de las especies del género *Ananas* existentres de relevancia productiva:

1. *Ananas sativus*
2. *Ananas comosus*
3. *Ananas lucidus*

De estas, las variedades más explotadas comercialmente son: Cayena lisa, Queen, Golden Sweet, Red spanish, Pernambuco, Milagreña, Enanas, Amazonas. (Alfonso,Pérez, & Álvarez, 2019)

4.1.6.1. Híbrido MD2

El cultivo de piña, en Guatemala, se realiza de manera escalonada durante todo el año, con lo cual se tienen simultáneamente producciones en diferentes etapas fenológicas. Asegurándose de esta manera la producción de piña durante todo el año.

La variedad MD2 es conocida como Golden o Dorada. Dicha variedad es un cultivarhibrido, derivado de la variedad Cayena Lisa, la cual fue originada en Hawái. De lascaracterísticas más relevantes se enumera el color amarillo, la carencia de espinas,esto aunado a un crecimiento acelerado y de menor ciclo productivo con mayor rendimiento y tamaño de fruto. Además de poseer buenas características organolépticas, se reporta mayor resistencia a la enfermedad provocada por *Penicillium*. (Aguas, 2012)

Figura 2

Variedad MD2

Nota. Morales (2021).

4.2. Marco Referencial

4.2.1. Ubicación

La investigación fue realizada en la Finca productora de Piña: San Luis, ubicada enel municipio de Santo Domingo del departamento de Suchitepéquez. El municipio colinda al Norte: con los municipios de San Bernardino y Mazatenango del departamento de Suchitepéquez. Al Sur: con el Océano Pacifico. Al Este: con San José el Ídolo del departamento de Suchitepéquez y Tiquisate del departamento de Escuintla. Al Oeste: con San Lorenzo del departamento de Suchitepéquez.

4.2.2. Acceso:

La Finca San Luis se encuentra a 178 kilómetros de la ciudad de Guatemala, en lascoordenadas 14°29´45” N y 91°29´57” O. La principal vía de acceso es sobre la carretera al pacifico, rumbo a la playa el semillero. Se encuentra a una altura sobreel nivel del mar es de 40m.

4.2.3. Condiciones climáticas

La temperatura promedio en la finca San Luis es de 28°C, los cuales oscilan en losrangos de 23°C y 33°C. Con precipitación anual promedio de 1,500 a 1,600 mm y humedad relativa promedio por año del 70%.

4.2.4. Suelos

La textura predominante es del tipo arcillosa, seguido de franco. El pH de suelo oscila entre 6 a 6.5. De acuerdo a datos de la finca, el suelo posee una CIC de 17 cmol/kg y 1.5 a 2.5% de materia orgánica (Tay, 2021).

4.2.5. Ingredientes activos sometidos a evaluación

Tabla 2

Información técnica de Fludioxonil

Clase:	Fungicida
Ingrediente activo:	**Fludioxonil**
Grupo químico:	Fenilpirroles
Concentración comercial:	23
Formulación comercial:	SC (suspensión concentrada)
Modo de acción:	por contacto (no sistémico), traslaminar
Punto de acción	MAP/Histidinaquinasa en la transducción de señales osmótica (os-2, HOG1)
Grupo FRAC	signal transduction: E2, **phenylpyrroles**
Mecanismo de acción:	El Fludioxonil bloquea la acción de una enzima, una proteíno-quinasa, encargada de catalizar la fosforilación de la enzima reguladora de la síntesis del glicerol, compuesto que se encarga de regular la presión osmótica intercelular, a través de los procesos de intercambio de la membrana plasmática.

***Nota*.** (FRAC, 2023; MONTANA S.A., 2017).

Tabla 3

Información técnica de Prochloraz

Clase:	Fungicida
Ingrediente activo:	**Prochloraz**
Grupo químico:	imidazoles
Concentración comercial:	45
Formulación comercial:	EC (Emulsión concentrada)
Modo de acción:	contacto, protector y erradicante
Punto de acción	demetilasa en la biosíntesis de esteroles (erg11/cip51)
Grupo FRAC	sterol biosynthesis in membranes: G1, **imidazol**
Mecanismo de acción:	actúa inhibiendo la biosíntesis del ergosterol de las células del hongo patógeno, lo que no permite formar la membrana celular y el micelio resulta destruido por lo tanto el hongo muere

***Nota*.** (FRAC, 2023; Capeagro, s.f.).

Tabla 4

Información técnica de Triadimefon

Clase:	Fungicida
Ingrediente activo:	**Triadimefon**
Grupo químico:	triazoles
Concentración comercial:	25
Formulación comercial:	WP
Modo de acción:	Sistémico de acción preventiva y curativa
Punto de acción	demetilasa en la biosíntesis de esteroles (erg11/cip51)
Grupo FRAC	sterol biosynthesis in membranes: G1, **triazol**
Mecanismo de acción:	actúa inhibiendo la síntesis del ergosterol, que es un componente esencial de la membrana celular de los hongos

***Nota*.** (FRAC, 2023; Pilarquim Chile S.A, 2018).

4.2.6. Antecedentes

Pierre en sus investigaciones (1997) concluyó que el agente causal de la enfermedad ojo negro en la piña, también llamada FCR (fruitlet core rot) es *Penicillium funiculosum*, argumentando que dicha enfermedad se encontraba presente en múltiples países productores, causando pérdidas importantes de la fruta en fresco, así como también en la ya procesada. Simultáneamente, descubrió y aportó cuatro aspectos etiológicos sobre el FCR: 1. La importancia de la etapa de floración en el proceso de contaminación del patógeno, 2. Asociación de los ácaros (*Steneotarsonemus ananas*) en la contaminación, 3. Importancia de condiciones ideales para el crecimiento y desarrollo del patógeno, y 4. Aspectos fisio- bioquímicos de las frutas en el proceso de maduración.

Baraldi (2019), acredita como agente causal de la enfermedad de FCR a *Fusarium ananatum*, argumentando sobre investigaciones en las cuales se realizaron estrategias de control, logrando la eliminación de síntomas, pero no así el mecanismo del agente. Realizó la comparación en dos híbridos de piña MD2 (resistente) y REINA (susceptible) con respecto a la anatomía de los frutos. Concluyendo a través de esta comparación, que el híbrido REINA es susceptible, a razón de que los sépalos y brácteas no se fusionan entre sí permitiendo de esta manera la penetración del patógeno en la fruta de piña, e incluso después de la floración.

Los investigadores Petty, Tustin y Dicks (2005) establecieron un ensayo factorial, en donde aplicaron veinte combinaciones diferentes de tratamientos de insecticida-acaricida-fungicida a parcelas de piña del híbrido REINA, concluyendo por medio de este experimento que la enfermedad de FCR era una asociación de los agentes causales *Penicillium funiculosum* y *Fusarium subglutinans*. Debido a que el programa aplicado de fungicidas era conformado por benomyl 50% WP y mancozeb 80% WP, aplicados a razón de una semana antes del tratamiento de inducción hasta once semanas después del tratamiento, consiguiendo como resultado una reducción significativa del 75.8% con respecto al número total de puntos negros en la fruta.

Dentro del experimento también se observó y midió el efecto de la aplicaciónde endosulfán al 35% EC para el control de ácaros de la fruta, en donde se redujo de manera significativa un 24.1% de los puntos. Por último, el programa de control sobre cochinilla no resultó en reducción significativa con respecto al número total depuntos negros en la fruta.

Erramapalli (2003) en su trabajo realizado sobre el efecto del ingrediente activo fludioxonil sobre la germinación y crecimiento de *Penicillium expansum* en el cultivode manzana cultivares Imperio y Gala, hongo causante de la enfermedad del mohoazul. Evaluando la sensibilidad de tres aislados del moho azul, sometidos a controlcon el ingrediente activo fludioxonil de manera in vitro, registrando la germinación de conidios y diámetro de colonia, sometiendo tambien bajo análisis el efecto de control de fludioxinil de manera in vivo en manzanas. Llegando a concluir que la dosis de 100 ppm del ingrediente activo fludioxonil controla la enfermedad de mohoazul en el cultivo de manzana en los híbridos imperio y gala en la germinación de conidios y crecimiento de micelio.

Zhang *et al*. (2020) en su trabajo realizado sobre acciones fúngicas y mecanismos de resistencia del prochloraz al agente causal *Penicillium digitatum* responsable del moho verde de los cítricos. Recolectaron 129 aislamientos de *Penicillium digitatum* que posteriormente fueron sometidos a tres dosis de ingrediente activo prochloraz, siendo estos; 60, 100 y 140 mg/l. Consiguiendo resultados con acciones preventivas de 67.8%, 93.0% y 96.4%respectivamente a las dosis indicadas con anterioridad.

Rosales (2012) realizó un ensayo en el que estudia la frecuencia de los principales organismos asociados con el moho en el corte de piña variedad MD2, patogenicidady sensibilidad al fungicida triadimefon. En dicho ensayo, realizó pruebas de sensibilidad in vitro al ingrediente activo triadimefon con tres dosis (1, 10 y 100 ppm)en seis aislados de los hongos *Penicillium* sp y *Fusarium* sp. Concluyendo que, con respecto a la germinación de esporas la dosis de 100 ppm de ingrediente activo fuela que presentó diferencia significativa siendo de un 100% y 73% de inhibición de esporas para *Penicillium* sp y *Fusarium* sp respectivamente.

Mazariegos (2021) refiere que fueron tomadas muestras de frutas de piña con sintomatología de la enfermedad de FCR, que fueron enviadas al laboratorio fitopatológico de la empresa MICSA, en donde determinaron que el agente causal en la finca es *Penicillium* sp.

5. Objetivos

5.1. Objetivo General

Evaluar la eficacia biológica de tres ingredientes activos para el control de la enfermedad de ojo negro (*Penicillium* sp*).* en el cultivo de piña (*Anana comosus* L. Merr.) híbrido MD2.

5.2. Objetivos específicos

Evaluar el efecto de los ingredientes activos fludioxonil, proclhoraz y triadimefon sobre la incidencia de *Penicillium* sp. en el cultivo de piña.

Evaluar el impacto de los ingredientes activos sobre la ubicación inicial (tercio superior, medio o bajo) de la infección causada por *Penicillium* sp. en la pulpa de la fruta de piña.

Determinar el efecto de los ingredientes activos fludioxonil, proclhoraz y triadimefon sobre el nivel de severidad de *Penicillium* sp. en el cultivo de piña.

6. Metodología:

6.1. Diseño experimental

Se estableció el experimento bajo el diseño de bloques completos al azar, considerando la pendiente como factor a bloquear. Cada unidad experimental según tratamiento, fue delimitada de manera rectangular (26.4 m X 10 m), en donde se ubicaron nueve surcos de cultivo. El área por unidad experimental fue de 264 m^2, con un total de 3,168 m^2. Cada unidad experimental consta de 1,371 plantas aproximadamente, siendo un total de 16,457 plantas en el área total evaluada. La distancia de siembra fue de 1.1 m entre surco y 0.35 m entre planta en hilera doble.

6.1.1. Modelo estadístico

$$y_{ij} = \mu + t_i + \beta_j + \varepsilon_{ij}$$

Dónde:

μ = media general

t_i = efecto del i-ésimo
Tratamiento β_j = efecto del j-ésimo bloque
ε_{ij} = error experimental en la unidad j del tratamiento i

6.2. Tratamientos

Los tratamientos evaluados, dosis y numero de aplicaciones se detallan en elcuadro.

Tabla 5

Tratamientos de fungicidas evaluados para el control de Penicillium

Tratamiento/ingrediente activo	Dosis kg-l/ha	Número aplicaciones
T1. Testigo absoluto	-	-
T2. Fludioxonil 23 SC	2.25[a]	Dos aplicaciones, a los 40 y 57 despues de Forza (DDF)
T3. Prochloraz 45 EC	1.25 [b]	
T4. Triadimefon 25 WP	1.50[c]	

Nota. (Sygenta S.A., 2022)[a] (Adama Crop Solutions, ACC, 2021)[b] (Foragro S.A., 2020)[c].

6.3. Manejo del experimento

La aplicación de los tratamientos se realizó en una plantación previamente establecida. Se inició 40 días después de realizada la forza (inducción de floración), posterior a esta se repitió la aplicación a 17 días después de realizada la primera, esto a en base a las recomendaciones del encargado del área productiva (Mazariegos, 2021). La primera aplicación se realizó con el fin de reducir la presión del inoculo presente en el parea para proteger la primera floración, la cual se da a los 47 días después de realizada la forza.

La aplicación de los tratamientos se realizó con el implemento agrícola llamado “spray boom”, el cual es accionado por medio del PTO del tractor, con un ancho de cobertura de 28 metros de longitud cada uno, y con un total de 56 boquillas. La boquilla utilizada fue Teejet XR 8002 VP. El volumen de aplicación fue de 1,500 l/ha.

6.4. Variables de respuesta

Toma de muestra: se seleccionaron un total de ocho frutos, siendo cuatro de estos del centro y el resto de la orilla (drenaje). A cada fruto se le realizo un corte, con lo cual se evaluó el nivel de daño, si hubiese, así como la posición del mismo dentro del fruto.

6.4.1. Incidencia de frutos dañados en la pulpa por *Penicillium sp.*

Se considera como la proporción de las ocho frutas seleccionadas aleatoriamente que presentan daño por *Penicillium* en la pulpa de la fruta.

6.4.2. Tercio infectado

Hace referencia a la proporción de los frutos dañados que presentaron el daño en el primer (base), segundo (medio) y tercer tercio (apical) de la pulpa.

6.4.3. Nivel de severidad del daño

Para esta variable se consideraron los niveles de severidad como leve (1 o 2 frutillos dañados), moderado (3 o 4 frutillos dañados) y grave (5 frutillos dañados).

6.5. Análisis de los resultados

Análisis de varianza

Los datos obtenidos de la evaluación de los tres ingredientes activos en el control de la enfermedad de ojo negro fueron analizados por medio del software estadístico InfoStat para determinar la no existencia de diferencia estadística en los tratamientos.

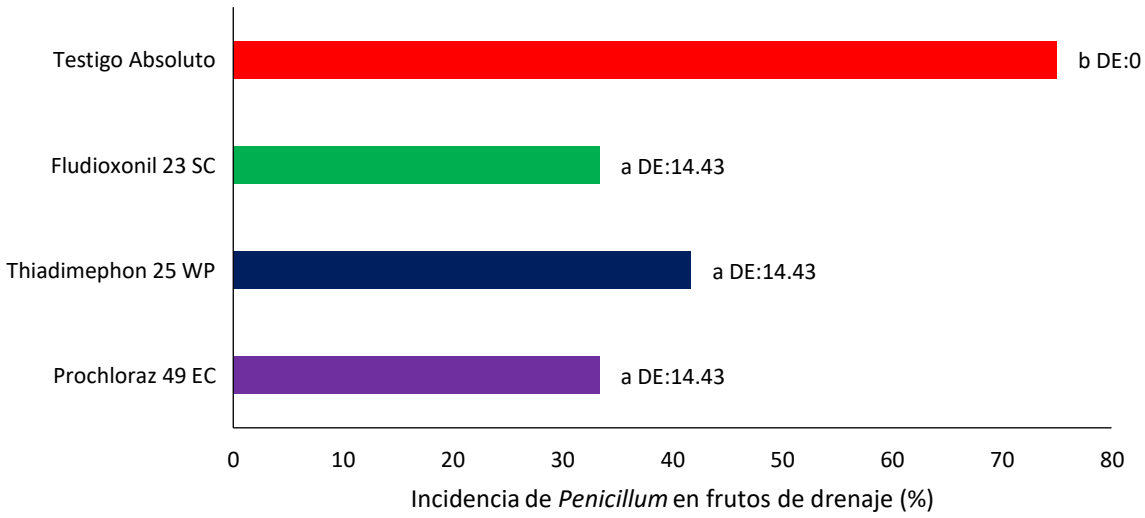
7. Resultados y discusiones

7.1. Incidencia de *Penicillium* sp en la pulpa de frutos de piña.

El uso de fungicidas para control de ojo negro en piña tuvo efecto positivo en la reducción de la incidencia *Penicillium*, lo cual fue notorio en los tres tratamientos evaluados. En donde el tratamiento Fludioxonil 23 SC y Prochloraz 45 EC presento 33% de incidencia de frutos con daño. Mientras que Thiadimephon 25 WP reportó 42% de incidencia, siendo estas menores a la incdencia obtenida del testigoabsoluto (75%). De acuerdo a la prueba de medias Scott Knott, se formaron dos grupos. Primero, los tratamientos donde se evaluaron los fungicidas para control de*Penicillium* SP, Fludioxonil 23 SC, Thiadimephon 25 WP y Prochloraz 45 EC. Segundo, el testigo absoluto, cuyas unidades experimentales fueron donde se reportaron mayor cantidad de frutos infectados. (figura 3).

Figura 3

Incidencia de Penicillium sp. en pulpa de frutos de drenaje

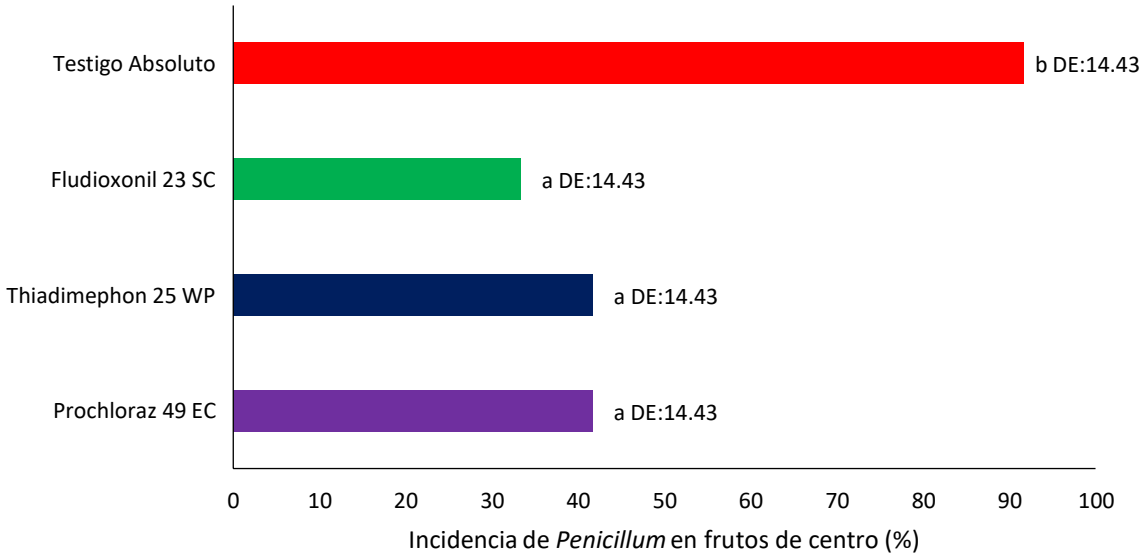


***Nota*.** Datos promedio por tratamiento de tres repeticiones. Evaluación de fungicidas para control de ojo negro en piña. Medias con letra común no son significativamente diferentes Santo Domingo, Suchitepéquez, 2022.

De manera análoga, en los frutos de centro se redujo la incidencia de ojo negro, reportando 38% de incidencia con Prochloraz 45 EC y Thiadimephon 25 WP, y 33% con Fludioxonil 23 SC, mientras que el testigo absoluto reporto 92% de incidencia, figura 4. De acuerdo con el análisis de varianza y prueba de medias, existe diferencia significativa entre los tratamietnos evaluados, formándose dos grupos. Primero, los tratamientos de Prochloraz 45 EC, Thiadimephon 25 EP y Fludioxonil 23 SC, sineod estos estadísticamente iguales. Segundo, el testigo absoluto, que al igual que los en los frutos de drenaje, es donde se presentó mayor incidencia de ojo negro en frutos de piña. Al encontrarse al centro de las parcelas es más probable que las condiciones de microclima favorezcan la supervivencia de las esporas del hongo, por lo cual es congruente que la presión de inoculo sea mayor al interior de la unidadexperimental.

Figura 4

Incidencia de Penicillium sp. en pulpa de frutos de centro.



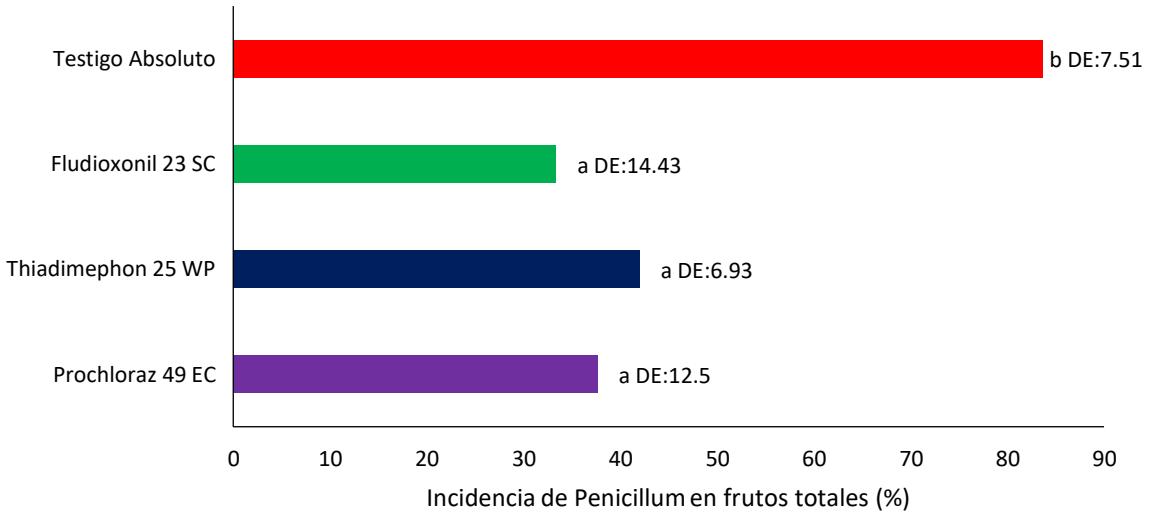
***Nota*.** Datos promedio por tratamiento de tres repeticiones. Evaluación de fungicidas para control de ojo negro en piña. Medias con letra común no son significativamente diferentes.

Basado en el total de frutos muestreados por tratamiento con sus respectivas repeticiones, existe diferencia significativa entre los tratamientos evaluados, conformándose dos grupos según la prueba de medias de Scott Knott ($p<0.05$). Primero, los tratamientos sometidos a fungicidas, en donde la incidencia fue 42%, 38% y 33% para Thiadimephon 25 WP, Prochloraz 45 EC y Fludioxonil 23 SC respectivamente.

Segundo, el testigo absoluto que presento 84% de incidencia de *Penicillium* sp. (figura 5). De acuerdo a los frutos totales muestreados por cada tratamiento, se obtuvo un control sobre la incidencia de ojo negro en piña de 60% con el uso de Prochloraz 45 EC y Fludioxonil 23 SC, mientras que con Thiadimephon 25 WP se obtuvo una reducción de 50% respecto al testigo absoluto.Con dicho control es posible evitar la incidencia de *Penicillium* sp. en 26,000-31,170frutos de piña, esto considerando una densidad de 52,000 plantas/hectarea.

Figura 5

Incidencia de Penicillium sp. en pulpa de frutos totales.



***Nota*.** Datos promedio por tratamiento de tres repeticiones. Evaluación de fungicidas para control de ojo negro en piña. Medias con letra común no son significativamente diferentes.

De acuerdo con lo presentado en la tabla 6, existe mayor presión de inoculo en los frutos de centro, lo cual se refleja en mayor incidencia de la enfermedad de ojo negro, alcanzando hasta el 100% de incidencia según el muestreo realizado en áreas no tratadas, en contraposición es posible obtener reducir la incidencia a un 25% con el uso de Prochloraz 45 EC y Fludioxonil 23 SC.

Tabla 6

Incidencia de Penicillium en frutos de piña

Tratamiento	Rep	Incidencia de ojo negro (%)		
		Fruto drenaje	Fruto centro	Total
Prochloraz 45 EC	1	25	50	38
Prochloraz 45 EC	2	25	25	25
Prochloraz 45 EC	3	50	50	50
Thiadimephon 25 WP	1	25	50	38
Thiadimephon 25 WP	2	50	25	38
Thiadimephon 25 WP	3	50	50	50
Fludioxonil 23 SC	1	50	50	50
Fludioxonil 23 SC	2	25	25	25
Fludioxonil 23 SC	3	25	25	25
Testigo absoluto	1	75	100	88
Testigo absoluto	2	75	75	75
Testigo absoluto	3	75	100	88

7.2. Tercio de fruto infectado por *Penicillium* sp.

Al momento de realizar la determinación de la incidencia de ojo negro en frutos de piña se evaluó la ubicación del daño provocado por *Penicillium* sp., para lo cual se consideraron tres ubicaciones: primer, segundo y tercer tercio (cuadro 7), en dondees evidente que la mayor incidencia dentro de la pulpa de piña corresponde al tercertercio, siendo este el apical. El tercer tercio es el que se encuentra a mayor exposición de las esporas arrastradas por viento, lo cual puede ser el factordeterminante para que prolifere dicho patógeno.

Tabla 7

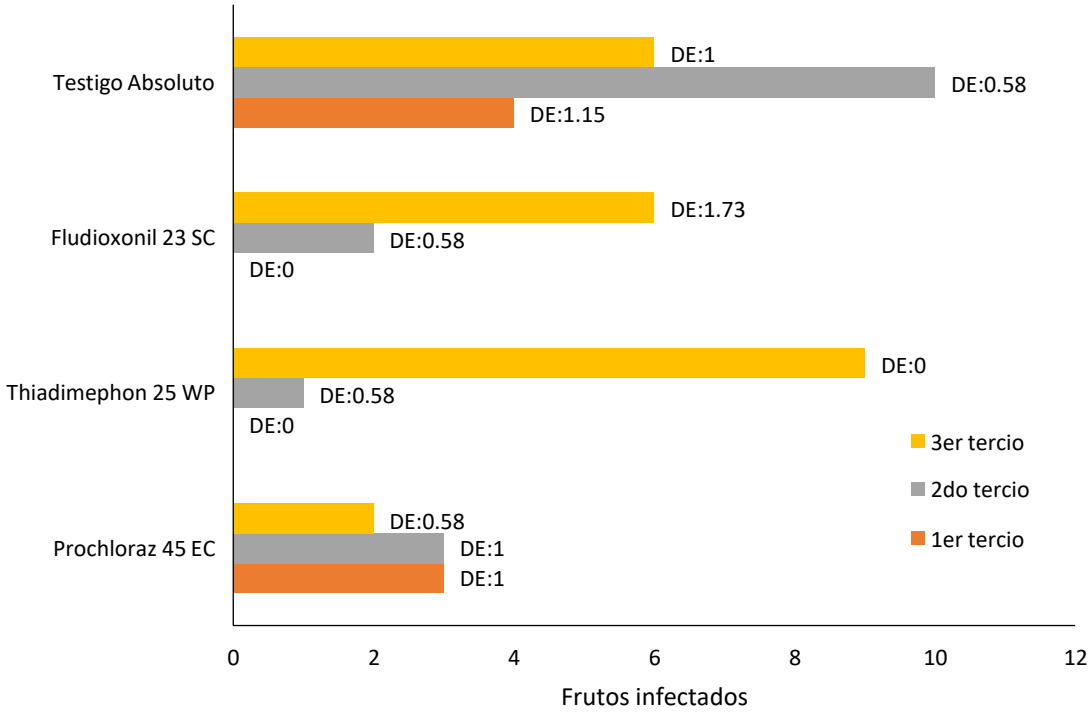
Tercio de fruto infectado por Penicillium sp.

		Fruto infectados			
Tratamiento	Sano	**1er tercio**	**2do tercio**	**3er tercio**	**Total**
Prochloraz 45 EC	16 (66.7%)	3 (12.5%)	3 (12.5%)	2 (8.3%)	24
Thiadimephon 25 WP	14 (58.3%)	0 (0%)	1 (4.2%)	9 (37.5%)	24
Fludioxonil 23 SC	16 (66.7%)	0 (0%)	2 (8.3%)	6 (25%)	24
Testigo Absoluto	4 (16.7%)	4 (16.7%)	10 (41.7%)	6 (25%)	24
Total	43				96

De acuerdo con los datos presentados en la tabla 7, el uso de los ingredientes activos sometidos a evaluación retarda la infección del fruto, dando mayor protección a los primeros dos tercios del fruto, siendo mayor la incidencia de *Penicillium* en el tercio superior de la fruta, figura 6.

Figura 6

Tercio del fruto infectado por Penicillium sp. en pulpa de frutos totales.



***Nota*.** Datos promedio por tratamiento de tres repeticiones. Evaluación de fungicidas para control de ojo negro en piña. Medias con letra común no son significativamente diferentes.

7.3. Nivel de severidad del daño por *Penicillium* sp.

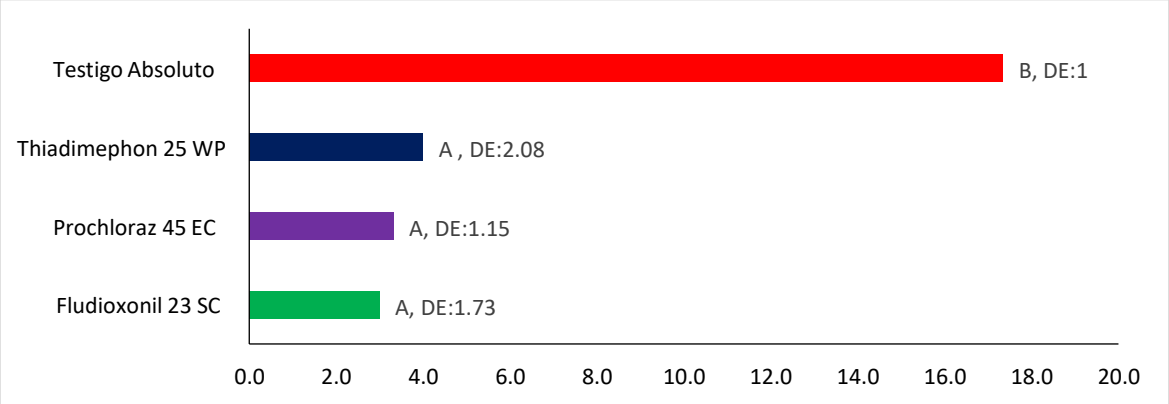
De acuerdo con los datos promedio de tres repeticiones por tratamiento, los usos de los ingredientes activos sometidos a evaluación disminuyeron el nivel de daño ocasionado por el patógeno antes mencionado. La reducción del daño provocado es un reflejo de la protección que pueden dar los ingredientes activos, ya que, al comparar con el testigo absoluto, es notorio el daño que puede llegar a causar el patógeno.

De acuerdo con la tabla 8, ninguno de los tratamientos sometidos a aplicación de fungicidas alcanzo un daño considerado como grave, en su contraparte, el testigo absoluto presento daños de moderados a grave, siendo este último el 50% de los frutos evaludos.

Basado en estos resultados se puede asegurar que los ingredientes activos redujeron la agresividad de la infección de *Penicillium*, ya que ninguno de los tratamientos presento daño grave. El ingrediente activo Fludioxonil, fue el que presento menor porcentaje de frutos con daño moderado. Con fines estadísticos, se asignó un valor a cada categoría, siendo el valor 1 para el daño leve, 2 para moderado y 3 para daño grave. De acuerdo a este análisis de varianza y prueba demedia, se conformaron dos grupos. Primero, los tratamientos sometidos a aplicación de fungicidas; Prochloraz 45 EC, Thiadimephon 25 WP y Fludioxonil 23 SC. Segundo, el testigo absoluto. Siendo el tratamietno Fludioxonil 23 SC el quepresenta menor nivel de severidad acumulado (sumatoria del valor según nivel de daño de cada fruto), figura 7.

Figura 7

Daño acumulado según el nivel de severidad de Penicillium sp.



***Nota*.** Datos promedio por tratamiento de tres repeticiones. Evaluación de fungicidas para control de ojo negro en piña. Medias con letra común no son significativamente diferentes.

Tabla 8

Nivel de daño ocasionado por Penicillium

		Nivel de daño por *Penicillium sp.*			
Tratamiento	**Sano**	**Leve**	**Moderado**	**Grave**	**Total**
Prochloraz 45 EC	16 (66.7%)	6 (25)	2 (8.3)	0 (0)	24
Thiadimephon 25 WP	14 (58.3%)	8 (33.3)	2 (8.3)	0 (0)	24
Fludioxonil 23 SC	16 (66.7%)	7 (29.2)	1 (4.2)	0 (0)	24
Testigo Absoluto	4 (16.7%)	0 (0)	8 (33.3)	12 (50)	24
Total	43				96

Tabla 9

Nivel de daño ocasionado por Penicillium según tercio de fruto infectado

Tratamiento	Rep	Sanos	Frutos dañados									**TOTAL**
			1ER FLOR			2DA FLOR			3ER FLOR			
			L	M	G	L	M	G	L	M	G	
Prochloraz 45 EC	1	5	0	0	0	1	1	0	1	0	0	3
Prochloraz 45 EC	2	6	1	0	0	1	0	0	0	0	0	2
Prochloraz 45 EC	3	5	1	1	0	0	0	0	1	0	0	3
Thiadimephon 25 WP	1	5	0	0	0	0	0	0	3	0	0	3
Thiadimephon 25 WP	2	5	0	0	0	0	0	0	2	1	0	3
Thiadimephon 25 WP	3	4	0	0	0	1	0	0	2	1	0	4
Fludioxonil 23 SC	1	4	0	0	0	0	0	0	3	1	0	4
Fludioxonil 23 SC	2	6	0	0	0	1	0	0	1	0	0	2
Fludioxonil 23 SC	3	6	0	0	0	1	0	0	1	0	0	2
Testigo Absoluto	1	1	0	0	0	0	2	2	0	1	2	7
Testigo Absoluto	2	2	0	1	1	0	1	2	0	1	0	6
Testigo Absoluto	3	1	0	1	1	0	1	2	0	0	2	7

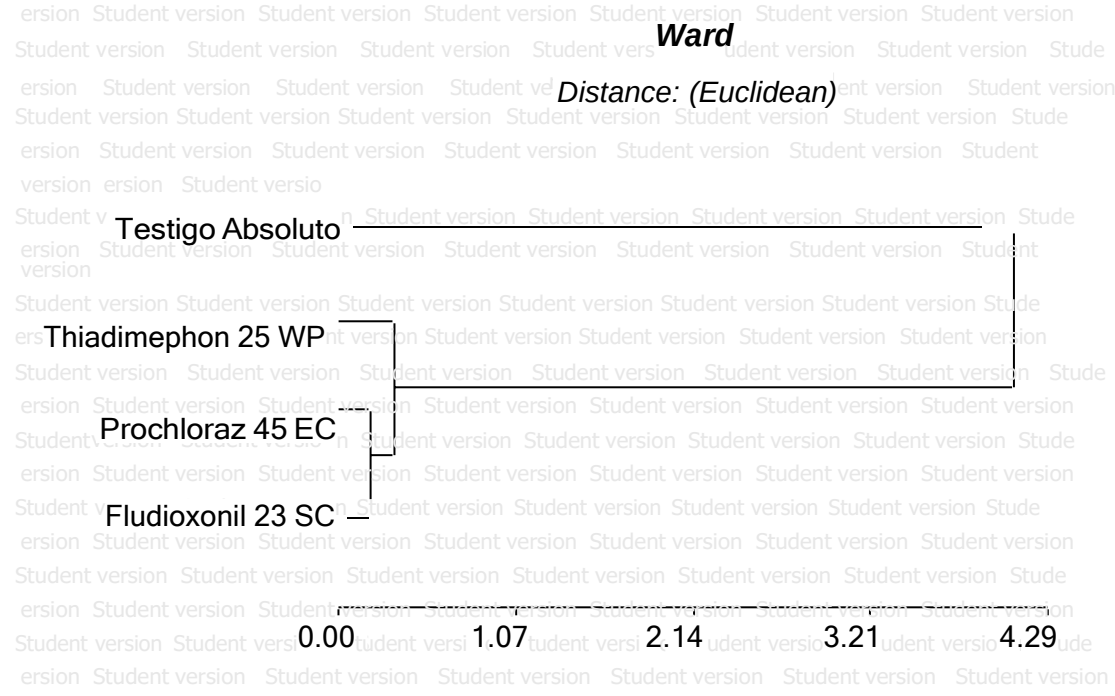
Al considerar en con junto el nivel de daño con el tercio de la fruta daño, es posible estimar que en el primer y segundo tercio del fruto tuvo una protección adecuada contra *Penicillium* sp., ya que en ninguno de estos dos tercios se presentó daño grave, siendo Fludioxonil el único de los tres ingredientes que no presento daño moderado, a excepción de Prochloraz y Thiadimephon, los cuales tuvieron daños moderados y leves.

En el caso del testigo absoluto, presentó daño moderado y grave en los tres tercios de la fruta, presentando mayor daño en el segundo tercio del fruto. Es de considerarse que el primer tercio del testigo absoluto pudo haber sido afectado porla deriva de las aplicaciones aledañas, por lo cual pudo existir efectos colaterales de los fungicidas sobre el testigo absoluto.

De acuerdo al análisis clúster (figura 8) de la variable nivel de severidad del daño e incidenciade *Penicillium* sp, los ingredientes activos Prochloraz y Fludioxonil tienen alta similitud entre si, siendo estos dientes a Thidimephon. Sin embargo, los tres ingredientes activos son totalmente diferentes al testigo absoluto. El resultado del análisis cluster es congruente con los resultados del análisis Andeva y prueba de medidas de las variables incidencia y nivel de severidad del daño por *Penicillium*.

Figura 8

Análisis cluster del nivel de daño e incidencia de Penicillium sp.



El análisis de fitotoxicidad en la planta de piña, cuando se realizó la observación visual, en los diferentes tratamientos fue posible comprobar que la aplicación de fungicidas no provocó ningún efecto de fitotóxico en la planta.

8. Conclusiones:

- De acuerdo a los análisis de varianza y prueba de medias el ingrediente activo Fludioxonil presento mejor efecto en la reducción de la incidencia de ojo negro.
- Basado en la cantidad de frutos infectados, Thiadimephon 25 WP y Fludioxonil 23 SC dieron mayor protección en el 1er tercio del fruto (0% de infección, testigo absoluto (16.7%), mientras que en el segundo tercio Thiadimephon 25 WP fue el mejor (4.2% de infección, testigo (41.7%)), en eltercer tercio el tratamiento con mayor protección fue Prochloraz 45 EC (8.3% de infección, testigo absoluto (25%)).
- Los frutos tratados con fungicida no alcanzaron un nivel de daño consideradocomo grave, a diferencia del testigo absoluto que alcanzo50% de frutos con daño grave.

9. Recomendaciones

- Evaluar otros ingredientes activos en diferentes dosis y con distintos modosde acción para implementar un plan de rotación de fungicidas.
- Evaluar otros fungicidas bajo condiciones climáticas distintas para validadorlos resultados obtenidos.
- Ejecutar un análisis económico de los productos evaluados, para determinar el mejor beneficio costo.

10. Referencias

Adama Crop Solutions, ACC. (2021). *Mirage 45 EC.* Guatemala.

Agroeden. (11 de 2023). *Agroeden*. https://agroeden.com/

Aguas, S. X., & Ushiña, J. E. (2012). *Determinación del requerimiento nutricional del fósforo sobre la inducción floral en el cultivo de piña.* [Tesis de grado, Escuela Politecnica del Ejercito]. http://repositorio.espe.edu.ec/bitstream/21000/8021/1/T -ESPE-IASA%20I-004680.pdf

AKIANTO. (2012). *Impacto social y económico del sector agrícola AKIANTO.* Guatemala: Asociación del Gremio Químico Agrícola. https://agrequima.com.gt/site/wpcontent/uploads/2017/01/160512vvff.#page=30&zoom=100,109,94

Alfonso, D. R., Pérez, M. I., & Álvarez, E. M. (2020). Los recursos fitogeneticos de piña (Ananas Comosus Var. Comosus (L.) Merr) en Cuba. *Rev. Investigaciones Universidad Le Cordon Bleu, 6*(2), 3. DOI: https://doi.org/10.36955/RIULCB.2019v6n2.003

Barral, B., Chillet, M., Doizy, A., Grassi, M., Ragot, L., Léchaudel, M., Durand, N., Joy, L., Viljoen, A. & Schorr-Galindo, S. (2020). Diversity and toxigenicity of fungi that cause pineapple Fruitlet Core rot. Francia: MDPI. *Toxins, 12*(5)*,* 339; DOI:10.3390/toxins12050339

Capeagro S.A.C. (s.f.). *Superaz*. Miraflores, Perú.

Dirección y planeamiento del Ministerios de Agricultura, Ganaderia y Alimentación-Banco de Guatemala (DIPLAN-MAGA-BANGUAT). (13 de Abril de 2021). *Producción de piña en Guatemala y la generación de empleos.* https://www.deguate.com/economia/produccion/produccion-de-pina-en-guatemala.Shtml#.VvmDmOzhAcy

Foragro S.A. (2020). *Next 25 WP*. [Ficha técnica]. Guatemala.

Fungicide resistance action committee. (11 de 2023). *FUNGICIDE RESISTANCE ACTION COMMITTEE*. https://www.frac.info/

Garcia, W. G. (2018). E*valuación de tratamientos microbiológicos para el control de sinfilidos (Scutigerella spp.), en el cultivo de piña (Ananas comosus l.).* [Tesis de grado, Universidad de San Carlos de Guatemala] http://www.repositorio.usac.edu.gt/10138/1/T-03517.pdf

Garita, R. (2014). Taxonomía y descripcion general de una planta de piña. En R. Garita Coto, La piña. Costa Rica: *Tecnológica de Costa Rica, 1*(1)*.* 69-91.

González, I. A. (2019). *Agrotendencia*. https://agrotendencia.tv/agropedia/cultivo-de-la-pina/

González, J. (9 de Abril de 2021). *Agrotendencia*. El cultivo de piña: https://agroten dencia.tv/agropedia/cultivo-de-la-pina/

InverDesa. (30 de Agosto de 2016). *Inversion Y Desarrollo*. https://www.inversionydesarrollo.net/columnas-de-opinion/item/1121-434-cultivo-de-pina-para-el-desarrollo.html

Mazariegos, W. (2021). Control de *Penicillium*. (I. Santiago, Entrevistador)

Ministerio de Agricultura y Ganaderia, Costa Rica. (s.f.). *Aspectos tecnicos sobre cuarenta y cinco cultivos agricolas de Costa Rica.* Dirección General de Investigación y Extension Agricola. http://www.mag.go.cr/bibliotecavirtual/F01-0658.pdf

MONTANA S.A. (2017). *Cyflunil*. Peru. https://www.corpmontana.com/p/agricultura/fungicidas/cyflunil/

Pilarquim Chile S.A. (2018). *Triadimefon.* Chile. https://www.sag.gob.cl/sites/default/files/triadimefon_25_wp_07-09-2018.pdf

Procomer. (2018). *legiscomex.*https://www.legiscomex.com/Documentos/ guatemala-mejora- produccion-pina-ago-9-16-15not

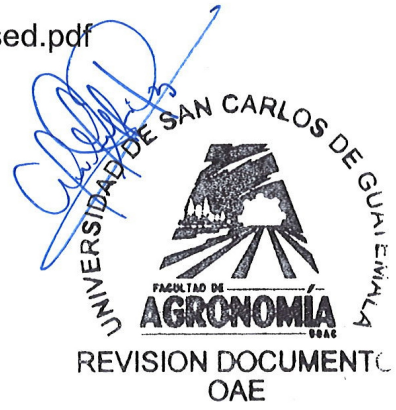
San, D. G. (1991). *Piña (Ananas comosus L)*. Ministerio de Agricultura y Ganadera, Costa Rica. http://www.mag.go.cr/bibliotecavirtual/F01-0658pina.pdf

Sygenta S.A. (2022). *Scholar 23 SC*. Guatemala. https://www.syngenta.com.gt/product/crop-protection/scholar-23-sc

Tay, O. (30 de Marzo de 2021). *Datos generales del casco central de las fincas.* (S. Morales, Entrevistador)

TRADEMAP. (2023). *Exportaciones de piña.* Estadísticas del comercio para el desarrollo internacional de las empresas. https://www.trademap.org/

Vargas, E. (2011). *Guía para la identificación y manejo integrado de plagas en piña.* Costa Rica: Proagroin. https://cica.ucr.ac.cr/wpcontent/uploads/2023/05/Manual-de-plagas-Pina-CICA-08-10- 20191_compressed.pdf



11. Apéndices

11.1. Apéndice A

Tabla 10 A

Análisis de varianza para la variable incidencia de Penicillium sp. en frutos de piña

Fruto drenaje

Variable	N	R²	Adj R²	CV
Fruto drenaje	12	0.76	0.56	30.15

Analysis of variance table (Partial SS)

S.V.	SS	df	MS	F	p-value
Model	0.36	5	0.07	3.82	0.0668
Tratamiento	0.35	3	0.12	6.18	0.0289
Rep	0.01	2	0.01	0.27	0.7703
Error	0.11	6	0.02		
Total	0.48	11			

Test:Scott & Knott Alpha:=0.05

Error: 0.0191 df: 6

Tratamiento	Means	n	S.E.	PROCHLORAZ 45
EC	0.33	3	0.08	A
Fludioxonil 23 SC	0.33	3	0.08	A
Thiadimephon 25 WP	0.42	3	0.08	A
Testigo Absoluto	0.75	3	0.08	B

Means with a common letter are not significantly different (p > 0.05)

Fruto centro

Variable	N	R²	Adj R²	CV
Fruto centro	12	0.95	0.91	16.67

Analysis of variance table (Partial SS)

S.V.	SS	df	MS	F	p-value
Model	0.83	5	0.17	24.00	0.0007
Tratamiento	0.71	3	0.24	34.00	0.0004
Rep	0.13	2	0.06	9.00	0.0156
Error	0.04	6	0.01		
Total	0.88	11			

Test:Scott & Knott Alpha:=0.05

Error: 0.0069 df: 6

Tratamiento	Means	n	S.E.	PROCHLORAZ 45
EC	0.33	3	0.05	A
Fludioxonil 23 SC	0.33	3	0.05	A
Thiadimephon 25 WP	0.42	3	0.05	A
Testigo Absoluto	0.92	3	0.05	B

Means with a common letter are not significantly different (p > 0.05)

Total

Variable	N	R^2	Adj R^2	CV
Total	12	0.93	0.88	16.67

Analysis of variance table (Partial SS)

S.V.	SS	df	MS	F	p-value
Model	0.55	5	0.11	17.18	0.0017
Tratamiento	0.52	3	0.17	26.81	0.0007
Rep	0.04	2	0.02	2.72	0.1440
Error	0.04	6	0.01		
Total	0.59	11			

Test:Scott & Knott Alpha:=0.05

Error: 0.0064 df: 6

Tratamiento	Means	n	S.E.		
Fludioxonil 23 SC	0.33	3	0.05	A	
PROCHLORAZ 45 EC	0.34	3	0.05	A	
Thiadimephon 25 WP	0.42	3	0.05	A	
Testigo Absoluto	0.84	3	0.05		B

Means with a common letter are not significantly different (p > 0.05)

Tabla 11 A

Análisis de varianza y prueba de medias para la variable nivel de severidad del daño por Penicillium sp.

Analysis of variance

Variable	N	R^2	Adj R^2	CV
Nivel	12	0.98	0.95	19.72

Analysis of variance table (Partial SS)

S.V.	SS	df	MS	F	p-
valueModel	443.75	5	88.75	47.69	0.0001
Trata	435.58	3	145.19	78.01	<0.0001
rep	8.17	2	4.08	2.19	0.1927
Error	11.17	6	1.86		
Total	454.92	11			

Test:Scott & Knott Alpha:=0.05

Error: 1.8611 df: 6

Trata	Means	n	S.E.		Fludioxonil 23
SC	3.00	3	0.79	A	
Prochloraz 45 EC	3.33	3	0.79	A	
Thiadimephon 25 WP	4.00	3	0.79	A	
Testigo Absoluto	17.33	3	0.79		B

Means with a common letter are not significantly different (p > 0.05)

Tabla 12 A

Análisis de varianza y prueba de medias para la variable nivel de severidad del daño por Penicillium sp.

Cluster

analysisWard

Distance: (Euclidean)
Cophenetic correlation=
0.996Standardized variables
Read cases = 12
Ommited cases =
0

Euclidean

	Fludioxonil 23 SC	Prochloraz 45 EC	Testigo Absoluto	Thiadimephon 25 WP
Fludioxonil 23 SC	0.00			
Prochloraz 45 EC	0.19	0.00		
Testigo Absoluto	2.99	2.82	0.00	
Thiadimephon 25 WP	0.40	0.21	2.62	0.00

Show ultra-metric distance

	Fludioxonil 23 SC	Prochloraz 45 EC	Testigo Absoluto	Thiadimephon 25 WP
Fludioxonil 23 SC	0.00			
Prochloraz 45 EC	0.19	0.00		
Testigo Absoluto	4.08	4.08	0.00	
Thiadimephon 25 WP	0.34	0.34	4.08	0.00

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE AGRONOMÍA –FAUSAC-
INSTITUTO DE INVESTIGACIÓNES AGRONÓMICAS
Y AMBIENTALES –IIA-

REF. Sem. 13/2024

EL INFORME FINAL DE INVESTIGACIÓN TITULADO: "MANEJO DE OJO NEGRO, PENICILLIUM sp. EN PIÑA (Ananas comosus L. Merr.) HÍBRIDO MD2, SANTO DOMINGO, SUCHITEPÉQUEZ, GUATEMALA, C.A."

DESARROLLADO POR EL ESTUDIANTE: IRVIN SANTIAGO ELIÚ MORALES ENRIQUEZ

REGISTRO ACADÉMICO: 201513207

HA SIDO EVALUADO POR LOS PROFESIONALES: Ing. Agr. Edgar Eduardo Pretzanzin
Dr. Gregorio Amílcar Sánchez Pérez
Ing. Agr. José Luis Alvarado Álvarez

El Asesor y las Autoridades de la Facultad de Agronomía, hacen constar que ha cumplido con las Normas Universitarias y Reglamentos de la Facultad de Agronomía de la Universidad de San Carlos de Guatemala.

Dr. Gregorio Amílcar Sánchez Pérez
A S E S O R

Ing. Ag. José Luis Alvarado Álvarez
A S E S O R

Dr. Eddi Alejandro Vanegas Chacón
DIRECTOR DEL IIA

I M P R I M A S E

Dr. Marvin Roberto Salguero Barahona
D E C A N O

EAVC/ja
c.c. Archivo

Edificio T-8, Of. A-10 y A-15 Ciudad Universitaria, Zona 12, Guatemala, C. A. 01012 Apartado Postal 1545.
Teléfono: (502) 2443-9504 y 05, Fax: (502) 2476-9794 Correo-e iiadms@yahoo.com.mx