



INSTITUTO TECNOLÓGICO SUPERIOR
DE LOS REYES

MAESTRÍA EN AGROBIOTECNOLOGÍA

EFECTO DE PODA TEMPRANA, CALCIO E INDUCTORES DE RESISTENCIA EN
LA INCIDENCIA DE *Pseudocercospora fijiensis* (Sinónimo de *Mycosphaerella fijiensis*) EN
“*Musa cavendish* AAA”

TESIS

QUE PARA OBTENER EL GRADO DE:

MAESTRO EN AGROBIOTECNOLOGÍA

PRESENTA:

ING. J. DE JESUS JUVENAL TORRES MAGAÑA

DIRECTOR DE TESIS

M.C MARTHA ELENA ARROYO VALDES

CODIRECTOR DE TESIS

M.C JOSÉ EDUARDO YÉPEZ TORRES

LOS REYES, MICH., MÉXICO

FECHA: 01/ABRIL /2025





LICENCIA DE USO DE OBRA

LICENCIA DE USO OTORGADA POR Ing. J. de Jesús Juvenal Torres Magaña, de nacionalidad Mexicana mayor de edad, con domicilio ubicado en Calle Circuito del sonido #504, Fraccionamiento Lartesi, Morelia, Mich., C.P. 58350, en mi calidad de titular de los derechos patrimoniales y morales y autor de la tesis denominada **"EFECTO DE PODA TEMPRANA, CALCIO E INDUCTORES DE RESISTENCIA EN LA INCIDENCIA DE *Pseudocercospora fijiensis* (Sinónimo de *Mycosphaerella fijiensis*) EN "*Musa cavendish* AAA" "** en adelante **"LA OBRA"** quien para todos los fines del presente documento se denominará **"EL AUTOR Y/O EL TITULAR"**, a favor del Instituto Tecnológico Superior de Los Reyes y del Tecnológico Nacional de México, la cual se registrará por las cláusulas siguientes:

PRIMERA –OBJETO: **"EL AUTOR Y/O TITULAR"**, mediante el presente documento otorga al Instituto Tecnológico Superior de Los Reyes del Tecnológico Nacional de México, licencia de uso gratuita e indefinida respecto de **"LA OBRA"**, para almacenar, preservar, publicar, reproducir y/o divulgar la misma, con fines académicos, por cualquier medio en forma física y a través del repositorio institucional y del repositorio nacional, éste último consultable en la página: (<https://www.repositorionacionalcti.mx/>).

SEGUNDA - TERRITORIO: La presente licencia se otorga, de manera no exclusiva, sin limitación geográfica o territorial alguna, de manera gratuita e indefinida.

TERCERA -ALCANCE: La presente licencia contempla la autorización para formato uso de **"LA OBRA"** en cualquier formato o soporte material y se extiende a la utilización, de manera enunciativa más no limitativa a los siguientes medios: óptico, magnético, electrónico, virtual (red), mensaje de datos o similar conocido por conocerse.

CUARTA – EXCLUSIVIDAD: La presente licencia de uso aquí establecida no implica exclusividad en favor del Instituto Tecnológico Superior de Los Reyes; por lo tanto, **"EL AUTOR Y/O TITULAR"** conserva los derechos patrimoniales y morales de **"LA OBRA"**, objeto del presente documento.

QUINTA – CRÉDITOS: El Instituto Tecnológico Superior de Los Reyes y/o el Tecnológico Nacional de México reconoce que el **"AUTOR Y/O TITULAR"** es el único, primigenio y perpetuo titular de los derechos morales sobre **"LA OBRA"**; por lo tanto, siempre deberá otorgarle los créditos correspondientes por la autoría de la misma.



EDUCACIÓN
SECRETARÍA DE EDUCACIÓN PÚBLICA



TECNOLÓGICO
NACIONAL DE MÉXICO



Instituto Tecnológico Superior de Los Reyes

SEXTA – AUTORÍA: “EL AUTOR Y/O TITULAR” manifiesta ser el único titular de los derechos de autor que derivan de **“LA OBRA”** y declara que el material objeto del presente fue realizado por él, sin violentar o usurpar derechos de propiedad intelectual de terceros; por lo tanto, en caso de controversia sobre los mismos, se obliga a ser el único responsable.

Dado en la Ciudad de Los Reyes de Salgado, Michoacán, a los 01 días del mes de abril de 2025.

“EL AUTOR Y/O TITULAR”

J. DE JESÚS JUVENAL TORRES MAGAÑA

“EL INSTITUTO TECNOLÓGICO SUPERIOR DE LOS REYES”

DR. SEFERINO MAGALLAN CAMARENA
DIRECTOR GENERAL DEL ITSUR



MAESTRÍA EN
AGROBIOTECNOLOGÍA



La presente tesis, titulada: EFECTO DE PODA TEMPRANA, CALCIO E INDUCTORES DE RESISTENCIA EN LA INCIDENCIA DE *Pseudocercospora fijiensis* (Sinónimo de *Mycosphaerella fijiensis*) EN “*Musa cavendish* AAA” realizada por el alumno: J. de Jesús Juvenal Torres Magaña, bajo la dirección del consejo particular indicado, ha sido aprobada por el mismo y aceptada como requisito parcial para obtener el grado de:

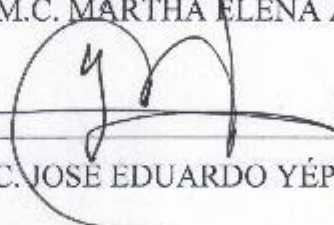
MAESTRO EN AGROBIOTECNOLOGÍA

CONSEJO PARTICULAR:

DIRECTOR DE TESIS


M.C. MARTHA ELENA ARROYO VALDES

CODIRECTOR


M.C. JOSÉ EDUARDO YÉPEZ TORRES

ASESOR 1:


DRA. MA. DE LOURDES VELÁZQUEZ HERNÁNDEZ

ASESOR 2:


M.C. GAMALIEL VALDIVIA ROJAS

Los Reyes de Salgado, Michoacán, 1 de abril de 2025

Síntesis curricular

J. de Jesús Juvenal Torres Magaña nació el 3 de julio de 1970 en Zapotiltic Jalisco, estudió la carrera de Ingeniero Agrónomo con especialidad en Fitotecnia, en el Instituto Tecnológico Del Valle De Morelia, obteniendo el mejor promedio de la generación 2000-2004. Cursó la Maestría en Agrobiotecnología en el Instituto Tecnológico Superior de los Reyes, donde volvió a destacar con el mejor promedio de la generación 2022-2024. Fungió como secretario de 2003 a 2005 y como gerente de 2004 a 2006 en la Asociación de productores de plátano de Coahuayana de Hidalgo, Michoacán, posteriormente ocupó el cargo de gerente de la empresa “Alianza Agrícola Coahuayana” de 2006-2011, participó en el RENDRUS nacional en 2010, con el trabajo “Producción de banano sustentable en el estado de Michoacán, en Mérida Yucatán. Fue Responsable de 2008-2012 del programa asistencia técnica gratuita en la región Sierra -Costa para el gobierno de Michoacán. Es Investigador y colaborador en el cultivo de banano en la zona pacifico centro para las empresas Corteva, Valent, Acenza, Stoller, Intrakam, AMVAC, Hortitec y Compo expert. Ha participado como ponente y asistido a varios congresos nacionales e internacionales tomando cursos de actualización y diplomados relacionados con la actividad que realiza, ha apoyado a 54 estudiantes de residencia profesional de diferentes instituciones académicas. Actualmente, se desempeña como gerente técnico y copropietario de la empresa Insumos y Servicios Agrícolas de Acalpicán S.A de C.V. Es asesor titular en la producción de banano de exportación y mercado nacional para 15 empresas (1100 has) en los municipios de Lázaro Cárdenas y Valle de Apatzingán.

Agradecimientos

Por este conducto quiero agradecer al Posgrado en Agrobiotecnología del Instituto Tecnológico Superior de Los Reyes, por permitirme cursar la maestría de acuerdo a su programa de estudios, al extraordinario cuerpo de profesores investigadores de la institución, que nos acompañaron en cada una de las actividades y proyectos realizados, así como por facilitarnos los recursos y herramientas necesarias para llevar a cabo mi investigación.

Agradezco infinitamente a mi tutora principal del proyecto de investigación, M.C. Martha Elena Arroyo Valdes, quien, incondicionalmente me apoyo con profesionalismo, constancia y paciencia, quien estuvo codo a codo con un servidor a lo largo de esta investigación y formación académica.

Doy gracias por el apoyo brindado a los miembros del apreciable comité tutor: la Dra. Lourdes Velázquez Hernández, el M.C. Gamaliel Valdivia Rojas y el M.C. José Eduardo Yépez Torres, quienes con conocimientos y experiencias. fueron fundamentales en esta investigación.

A la empresa Insumos y Servicios Agrícolas de Acalpicán S.A de C. V, por facilitarnos las herramientas y logística para la realización de este proyecto.

Agradezco particularmente a mi esposa e hijos, por el apoyo incondicional para completar este ciclo de preparación hasta el final, su apoyo incondicional, paciencia y su impulso para lograr este objetivo.

De manera general a todos y cada uno de los que contribuyeron con su conocimiento o simplemente con una palabra de aliento, a que este proyecto fuera posible, les agradezco infinitamente.

Dedicatoria

A mi esposa e hijos, pilares fundamentales en este y todos los proyectos de preparación intelectual y académica, quienes con su impulso y comprensión en todo momento facilitaron la conclusión de este proyecto llamado maestría.

A la memoria de mi padre, quien nos inculcó los valores esenciales, el amor por el “estudio” y la superación personal, sé que estaría muy contento por este logro académico y porque sus consejos fueron escuchados

ÍNDICE

	Pág.
ÍNDICE DE FIGURAS	III
ÍNDICE DE TABLAS	IV
RESUMEN	1
ABSTRACT.....	2
INTRODUCCIÓN.....	1
PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	3
JUSTIFICACIÓN.....	4
HIPÓTESIS	5
OBJETIVOS.....	5
I. MARCO TEÓRICO	6
1.1 IMPORTANCIA DEL CULTIVO.....	6
1.2 CARACTERÍSTICAS GENERALES DEL PLÁTANO	7
1.2.1 Clasificación botánica.....	7
1.2.2 Requerimientos para la producción de plátano y banano	8
1.2.3 Principales plagas y enfermedades.....	8
1.3 LA SIGATOKA NEGRA.....	9
1.3.1 Antecedentes de la enfermedad	9
1.3.2 Clasificación taxonómica de la Sigatoka negra	10
1.3.3 Ecología y biología de la enfermedad	10
1.3.4 Ciclo biológico de la enfermedad.....	11
1.3.5 Sistemas de monitoreo de la enfermedad	14
1.3.6 Manejo y control de la enfermedad	14
1.3.6.1 Manejo cultural.....	15
1.3.6.2 Control de humedad	15
1.3.6.3 Nutrición y fertilidad	16
1.3.6.4 Inducción de resistencia sistémica adquirida	17
1.3.6.5 Control biológico	19
1.3.6.6 Control químico	20

1.3.6.7 Mejoramiento genético	23
1.4 ESTUDIOS PREVIOS.....	23
II. MATERIALES Y MÉTODOS.....	26
2.1 LOCALIZACIÓN DEL EXPERIMENTO	26
2.2 ESTABLECIMIENTO DEL EXPERIMENTO.....	26
2.3 MANEJO DEL EXPERIMENTO	28
2.4 VARIABLES EVALUADAS.....	29
2.5 ANÁLISIS ESTADÍSTICO	29
III. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	30
3.1 EFECTO DE LOS PRODUCTOS EN PARCELA GRANDE	30
3.1.1 Hojas por planta al parir	30
3.1.2 Hoja más joven infectada	30
3.1.3 Promedio ponderado de infección.....	31
3.1.4 Número de hojas a cosecha	32
3.1.5 Nivel de calcio en el peciolo	32
3.1.6 Peso del racimo	32
3.1.7 Altura del hijo.....	33
3.2 COMPORTAMIENTO DEL BANANO A DIFERENTES NIVELES DE CAO	33
3.3 INTERACCIÓN DE INDUCTORES Y CAO EN EL COMPORTAMIENTO DEL BANANO.....	34
IV. CONCLUSIONES.....	36
REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS.....	37
ANEXOS.....	43
A. ANÁLISIS ESTADÍSTICOS CON PROGRAMA SAS	43
B. CONSTANCIAS DE PRESENTACIÓN EN CONGRESOS.....	56

ÍNDICE DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1. Valor mundial de la producción en millones de dólares	6
Figura 2. Valor nacional de la producción en millones de pesos. Fuente: SIAP, 2022.....	7
Figura 3. Ciclo biológico de la enfermedad. Fuente: INTAGRI, 2018.	12
Figura 4. Etapas de germinación y penetración de un hongo en tejido vegetal.....	12
Figura 5. Estados de la Sigatoka negra. 1) punto decolorado, 2) formación de rayas,	13
Figura 6. Marcado de hojas infectadas para eliminar. A) labores de deshoje, saneo y despunte. B) mismas plantas con deshoje, saneo y despunte.	15
Figura 7. Macro localización del área experimental. Fuente: Google maps, 2022.	26
Figura 8. Distribución de tratamientos en campo.	27
Figura 9. Selección y corte de hoja en planta (poda temprana) 1) inicio de poda después de la emisión de la hoja no 7, 2) poda en planta adulta.....	28

ÍNDICE DE TABLAS

	Pág.
Tabla 1. Clasificación taxonómica de la Sigatoka negra. Fuente: Ayala et al., 2014.	10
Tabla 2. Guía sugerida para la aplicación de fungicidas en banano recomendados por la FRAC en 2012. Fuente: Guzmán et al., 2013.	21
Tabla 3. Riesgos de sensibilidad a moléculas sintéticas (fungicidas) utilizados en el control de la <i>Pseudocercospora fijiensis</i> FRAC 2013. Fuente: Quebedo et al., 2018.	22
Tabla 4. Tipos de moléculas químicas (ingredientes activos) de fungicidas para bananos Frac 2018. Fuente: INTAGRI, 2018.	23
Tabla 5. Relación de tratamientos.	27
Tabla 6. Análisis de varianza para parcela grande.	31
Tabla 7. Análisis estadístico para la parcela chica.	34
Tabla 8. Efecto de la interacción de inductores y CaO en el comportamiento del banano.	35

Resumen

En México se cultivan 80,519 has de plátano “*Musa balbisiana*” y banano “*Musa cavendish*” las cuales son afectadas por la enfermedad de *Pseudocercospora fijiensis* (sigatoka negra), para su control se realizan 35 a 52 aplicaciones de fungicidas, método que no ha resultado efectivo ya que provoca aumento en las aplicaciones y agresividad del patógeno, por lo tanto el objetivo fue evaluar el comportamiento y desarrollo de la enfermedad con 2 factores, a) inductores de resistencia y b) niveles de calcio. La investigación se realizó en un predio ubicado en el municipio de Lázaro Cárdenas Michoacán, en el clon Enano gigante. Se evaluaron tres inductores de resistencia ácido salicílico (AS), lignosulfonatos de aluminio (LA), ácido glutámico (AG), con dos testigos, poda temprana (PT1) y sin inductor ni poda (T2); y tres niveles de calcio (5, 7.5 y 15 g). El arreglo fue en un diseño de parcelas divididas, en la parcela grande se ubicaron los inductores con sus testigos y en la parcela chica los tres niveles de CaO. Resultando una combinación de 15 tratamientos con tres repeticiones. Se evaluaron las variables, hojas al parir, hoja más joven infectada, promedio ponderado de infección, calcio en el peciolo, altura del hijo, medidas al momento de la emisión de bellota y el peso de racimo se evaluó al momento de la cosecha. El análisis de los datos se realizó con el modelo estadístico SAS para parcelas divididas, y la comparación de medias se efectuó mediante la prueba de Tukey ($\alpha = 0.05$). El análisis de varianza presentó significancia únicamente para parcela grande. El AG destacó en las variables número de hojas al parir con 14, la hoja más joven infectada 10.4 y 56 ppm de calcio en el peciolo, mientras que el AS obtuvo el menor promedio ponderado de infección 0.41 y mayor altura del hijo 2.74 m, sobresalió en el peso de racimo con 27.2 kg en donde los LA obtuvieron el mejor comportamiento 28.1 kg. Los inductores de resistencia presentaron un efecto positivo destacando la importancia en el control de la infección, la emisión y conservación del área foliar, tamaño del hijo e influencia en el peso de racimo.

Palabras clave: *Musa cavendish* AAA, enfermedad, inductores, calcio, infección.

Abstract

In Mexico, 80,519 hectares of banana (“*Musa balbisiana*”) and plantain (“*Musa cavendish*”) are cultivated. These crops are affected by the disease *Pseudocercospora fijiensis* (black Sigatoka). To control it, 35 to 52 fungicide applications are made; however, this method has not been effective as it leads to an increase in applications and the pathogen’s aggressiveness. Therefore, the objective was to evaluate the behavior and development of the disease using two factors: a) resistance inducers, and b) calcium levels. The research was conducted on a plot located in the municipality of Lázaro Cárdenas, Michoacán, using the Giant Dwarf clone. Three resistance inducers were evaluated: salicylic acid (SA), aluminum lignosulfonates (AL), glutamic acid (GA), with two controls: early pruning (PT1) and without inducer or pruning (T2); and three calcium levels (5, 7.5, and 15 g). The design used was a split-plot design, where inducers and their controls were located in the main plot, and the three CaO levels were in the subplots. This resulted in a combination of 15 treatments with three replicates. The evaluated variables included: leaves at birth, youngest infected leaf, weighted average of infection, calcium in the petiole, height of the sucker, measurements at the time of bud emission, and bunch weight at harvest. Data analysis was performed using the SAS statistical model for split-plots, and mean comparisons were made using Tukey’s test ($\alpha = 0.05$). The analysis of variance showed significance only for the main plot. GA stood out in variables such as the number of leaves at birth with 14, the youngest infected leaf at 10.4, and 56 ppm of calcium in the petiole. Meanwhile, SA achieved the lowest weighted average infection of 0.41 and the highest sucker height of 2.74 m. It also excelled in bunch weight with 27.2 kg, with AL showing the best performance at 28.1 kg. The resistance inducers had a positive effect, highlighting their importance in controlling infection, promoting leaf area retention, increasing sucker size, and influencing bunch weight.

Keywords: *Musa cavendish* AAA, disease, inducers, calcium, infection.

INTRODUCCIÓN

El banano se cultiva en más de 120 países, siendo la India el país líder en producción, sin embargo, Ecuador tiene la mayor participación en las exportaciones con 116.8 millones de toneladas [Instituto para la Innovación Tecnológica en la Agricultura (INTAGRI, 2018)]. Mientras que las exportaciones mexicanas muestran una disponibilidad uniforme a lo largo del año, siendo Chiapas el primer productor de plátano con un volumen de 670,289 toneladas y Michoacán ocupa el quinto lugar nacional con 5,649 hectáreas, con una producción de 177,745 toneladas [Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera (SIAP, 2022)].

Sin embargo, la principal problemática fitosanitaria y económica que enfrenta la producción de musáceas en México y el mundo es ocasionada principalmente por las enfermedades foliares: *Mycosphaerella eumusae* Crous y Morichon, Foc raza tropical 4 *Fusarium oxysporum* f. sp. cubense, moko del plátano *Ralstonia solanacearum* (Manzo et al., 2014). La *Mycosphaerella fijiensis* Morelet, que repercute negativamente en las plantaciones de plátano y banano ocasionando pérdidas severas por los daños ocasionados en las plantaciones y un cambio obligado en el manejo del cultivo (Orozco et al., 2013). Cuando el daño es severo, provoca retrasos en la emisión de bellotas o perillas y si no es tratada oportunamente se disminuye drásticamente la superficie foliar fotosintéticamente activa (Ramírez et al., 2012). Al no realizar el manejo integrado y control de la infección, las pérdidas pueden presentarse en un 50% del peso total del racimo y hasta un 100% de la cosecha (Rosales et al., 2020).

Es importante señalar que la aplicación de productos sintéticos es el tratamiento que más utilizan los productores para afrontar la enfermedad, pero este método no ha resultado muy efectivo ya que año con año aumenta la cantidad de aplicaciones y la infección cada día es más agresiva, elevando los costos de producción de manera significativa, es por ello que se han buscado herramientas complementarias tratando de reducir el impacto de la enfermedad, una de ellas es la realización de poda temprana de la hoja, con la cual se evita el avance de la infección en sus primeras etapas (Martínez et al., 2006) así como el fortalecimiento de la planta para poder tolerar los ataques de la enfermedad, además una fertilización adecuada disminuye la severidad de la enfermedad ya que la planta genera sus propias defensas, el calcio es uno de los elementos que está involucrado en el fortalecimiento de las paredes

celulares, lo que dificulta la entrada de patógenos en los tejidos de la planta (Azofeifa et al., 2010). En investigaciones recientes se ha comprobado cierta resistencia del *Mycosphaerella fijiensis* a algunas moléculas químicas por tal motivo se han realizado estudios en laboratorio contra del patógeno utilizando bacterias del género (*B. subtilis* y *B. amyloliquefaciens*) las cuales produjeron daño a nivel *in vitro* contra del micelio y alteraron su pared celular (Guzmán, 2012). Otra estrategia de control, es el uso de inductores químicos como el acibenzolar-s-metil (ASM) y ácido salicílico (AS) que en rotación con fungicidas mostraron una reducción en el desarrollo de la enfermedad (Campo et al., 2020).

Aunado a lo anterior en la presente investigación se realizó un manejo integrado, incluyendo la poda o saneo de hojas en fase temprana, aplicación de inductores de resistencia en las plantas que permitan un control más eficiente de la enfermedad y la reducción en las aplicaciones de productos químicos con la finalidad de disminuir el daño al medio ambiente, reducir los costos de producción y obtener un producto más inocuo.

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Actualmente en el estado de Michoacán existen diferencias en la forma de producir bananos. En el municipio de Coahuayana, Apatzingán y Lázaro Cárdenas, cuentan con infraestructura y paquetes tecnológicos a la par de los países y estados considerados élite en la producción mundial, mientras que, en los municipios de Parácuaro y Múgica, se ubican los productores más rezagados en sus formas de producción, quienes no tienen el conocimiento de la agresividad de la enfermedad, esto facilitó que la incidencia de la misma aumentará de manera importante en los últimos años.

La defoliación causada por la enfermedad y la deficiencia de calcio provocan que la planta sea susceptible al ataque de patógenos que transmiten enfermedades y por consecuencia la calidad de fruto (Orozco et al., 2013).

Por lo anterior, en el presente experimento se realizó una poda temprana en el área foliar de la planta, con el propósito de evitar la dispersión y avance de la infección en una primera fase, aplicar calcio en tres niveles y tres inductores de resistencia para fortalecer las defensas de la planta, con la finalidad de reducir la entrada de patógenos que causan enfermedades.

JUSTIFICACIÓN

Algunas poblaciones de los municipios de Lázaro Cárdenas y el Valle de Apatzingán, actualmente están manifestando falta de concientización referente a los factores que afectan la actividad agrícola de la zona, lo que ha ocasionado que los niveles de producción se vean estancados, generando un retraso en la competitividad en los mercados, por lo que mediante la presente investigación se pretende implementar un paquete tecnológico adecuado a las condiciones de la zona de producción mencionada, para generar confianza entre los productores que los motive a aumentar la superficie del cultivo y calidad de la fruta, lo cual generará un aumento de la economía en la región y creará más fuentes de empleo. La implementación de una nutrición balanceada y productos promotores de defensa en las plantas, ayudará a disminuir las aplicaciones de productos sintéticos, que impactarán de manera positiva para la preservación del medio ambiente.

HIPÓTESIS

Ho: La poda temprana de hojas, aplicación de calcio e inductores de resistencia en plantas de *Musa acuminata* AAA, tendrá efecto significativo en la incidencia de *Mycosphaerella fijiensis*.

Ha: La poda temprana de hojas, aplicación de calcio e inductores de resistencia en plantas de *Musa acuminata* AAA, no tendrá efecto significativo en la incidencia de *Mycosphaerella fijiensis*.

Objetivos

Objetivo general

Evaluar el comportamiento en la incidencia de *Mycosphaerella fijiensis* con y sin poda temprana de hoja, con diferentes niveles de calcio y aplicación de inductores de resistencia en *Musa acuminata* AAA.

Objetivos específicos

- Comparar el grado de infección en hojas con y sin poda temprana.
- Determinar la influencia del nivel de calcio en hojas en el comportamiento de la enfermedad.
- Identificar el tratamiento en el que se obtenga mayor cantidad de hojas sanas en parición y cosecha.
- Determinar el efecto de los inductores de resistencia en el control de la enfermedad
- Seleccionar el tratamiento con el menor promedio ponderado de infección (PPI).

I. MARCO TEÓRICO

1.1 Importancia del cultivo

Los bananos y plátanos son cultivados en regiones favorecidas con climas tropicales y subtropicales en el mundo, generando una derrama económica fundamental para algunos países en vías de desarrollo. Es importante destacar que, el banano es la fruta más consumida y está considerado entre los cuatro alimentos más consumidos del mundo, solo superado por el arroz, trigo y maíz. Los bananos y plátanos aportan una proporción considerable de la dieta alimentaria de un número significativo de la población de los países en vías desarrollo, generando nuevos empleos e ingresos, aportando directamente en la economía de países de bajos ingresos y con carencia de alimentos, entre los que destacan Ecuador, Honduras, Guatemala, Camerún y Filipinas. Es la fruta que más se exporta al mundo, generando una importante derrama económica (Arias, 2004).

A nivel mundial India y China destacan como los países líderes en la producción de bananos y plátanos (Fig. 1), en el continente americano Colombia y Ecuador, mientras que México ocupa el lugar 18 a nivel internacional y quinto a nivel continental, con un valor de producción de 398,586.00 millones de dólares (FAOSTAT, 2022) .

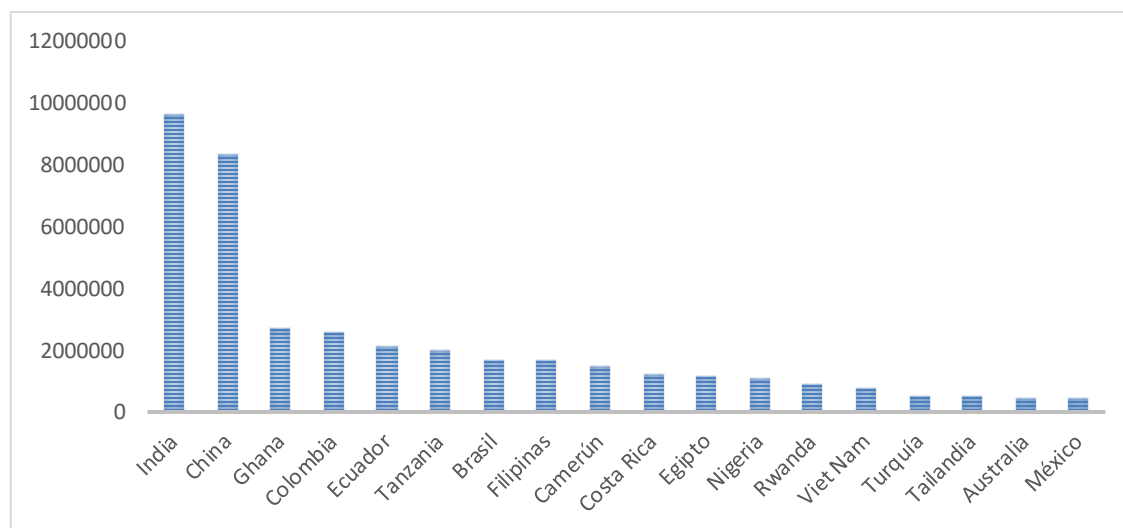


Figura 1. Valor mundial de la producción en millones de dólares

Fuente: FAOSTAT, 2022.

En México la superficie establecida de banano y plátano es de 80,519 hectáreas, distribuidas en las zonas de la costa sur del Golfo de México y centro y sur oeste en el Océano Pacífico,

destacando el estado de Chiapas, con 23,485 hectáreas de bananos y plátanos. Sin embargo, Tabasco es el estado con mayor valor de la producción con 2,234,997.17 toneladas (Fig. 2), aunque es importante mencionar que de todas las especies de *Musa* spp, el plátano “Enano gigante” es la especie cultivada de mayor importancia con un valor de producción de 6,145,433.69 ton. (SIAP, 2022).

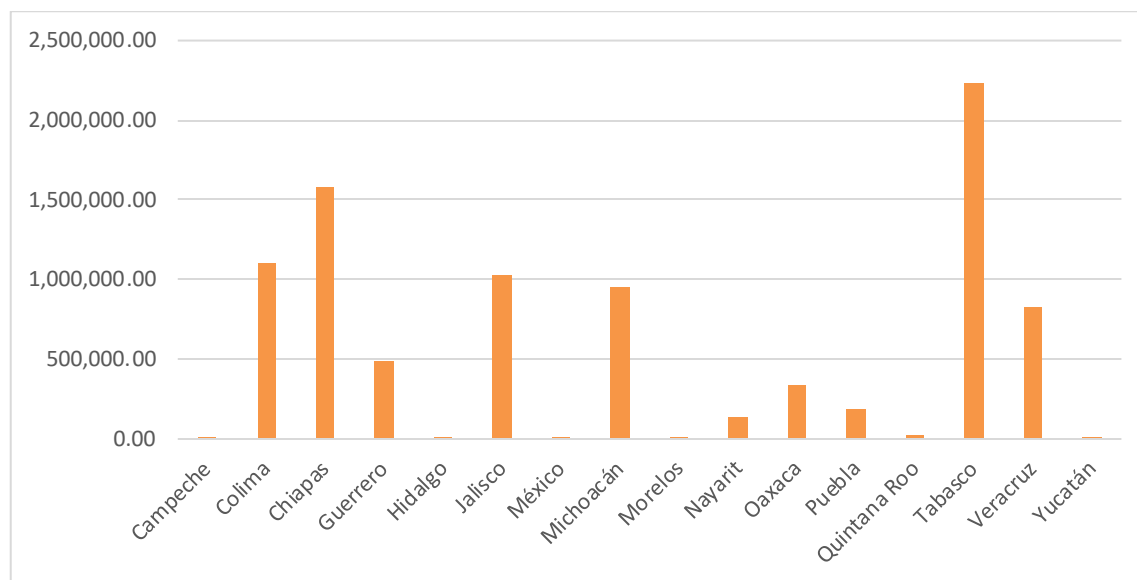


Figura 2. Valor nacional de la producción en millones de pesos. **Fuente:** SIAP, 2022.

1.2 Características generales del plátano

En México se utiliza el término “plátano” para todas las especies de frutos de musáceas comestibles que se consumen cocidas o en crudo. No así para la mayoría de países de Centro y Sudamérica donde se utiliza un término diferente para las dos especies; se llama “banano” a todos los cultivares que se pueden consumir en crudo y “plátano” cuando se trata de especies que requieren de cocción para ser consumidas (Orozco et al., 2013).

1.2.1 Clasificación botánica

Todas las especies de musáceas son originarias del sureste de Asia y el archipiélago malayo. Se les ubica dentro de la familia de las Musáceae y orden Zingiberales. La familia Musáceae está conformada por los géneros *Musa* y *Ensete* este último puede reproducirse por semilla, y es utilizado en jardines, mientras que el género *Musa* está conformado por cuatro secciones: *Australimusa*, *Callimusa*, *Rhodochlamys* y *Eumusa*, las especies silvestres *Musa acuminata* y *Musa balbisiana* son las más sobresalientes económicamente y las de mayor distribución geográfica, son las antecesoras de los plátanos y bananos cultivados en la actualidad, denominando con la letra "A" a las propiedades semejantes a *M. acuminata* y con "B" a las *M.*

balbisiana. Representando la ploidía en los genomas con la repetición de letras, de tal manera que “AAA” corresponde al grupo triploide de acuminata, que abarca los clones comerciales más cultivados, estableciéndose así el convencionalismo de designar a los diversos clones. En este sentido, el clon Enano Gigante corresponde al género *Musa* (grupo AAA, subgrupo *Cavendish*), y señala que fue introducido a México en 1965, procedente de Centroamérica (Contreras, 1982).

1.2.2 Requerimientos para la producción de plátano y banano

Los bananos se cultivan entre las latitudes de 15° al norte y sur del Ecuador, pero es viable cultivar con rendimientos aceptables hasta los 30° a una altitud de 0 a 600 msnm. Las temperaturas entre 20 a 30 °C son consideradas óptimas, es en este rango donde se han obtenido las mayores producciones y los ciclos más precoces, pero cuando las temperaturas son inferiores a 15 °C se afecta su desarrollo. Se ha observado que con la cantidad de radiación recibida durante el día es suficiente, cuando se expone a periodos largos con poca luminosidad se puede retrasar la producción (INTAGRI, 2018). Para el establecimiento del cultivo los suelos deben de tener una profundidad mayor a los 100 cm, con texturas franco arenosas, franco arcillosas, franco arcillo limosa y franco limosas con buen drenaje, pH entre 6.5 y 7.5, ricos en materia orgánica y disponibilidad de nutrientes, requiere de un abundante y constante suministro de agua, con temporales abundantes mayores a 900 mm y sistemas de riego para una producción óptima (Cigales, 2011).

1.2.3 Principales plagas y enfermedades

Los bananos y plátanos son vulnerables a un buen número de plagas y enfermedades en todas las plantaciones del mundo, las especies de nematodos parásitos *Helicotylenchus spp.*, *Meloidogyne incógnita*, *Meloidogyne arenaria*, *Criconema spp.*, *Helicotylenchus multicinctus* y *Radopholus similis* se han detectado en cultivos de México (Lara et al., 2015). Así como el picudo negro del banano *Cosmopolites sordidus*, son plagas de mayor impacto económico, provocando lesiones que afectan las raíces y cormos debilitando las defensas de las plantas y volviéndolas susceptibles, la mayor propagación ocurre cuando la semilla o “cormo” infectado es trasladado y establecido en una nueva plantación (González et al., 2009).

Se debe tener especial cuidado al transportar materiales de propagación que estén libres de “picudos” y “nematodos” ya que son transmisores de enfermedades de importancia como

“moko bacteriano” (*Rolstonia solanacearum*) y el Foc raza 4 tropical (*Fusarium oxysporum* f. sp. cubense). Este último representa una amenaza para los cultivares de plátanos y bananos en el mundo por la agresividad con la que ataca, esta misma enfermedad tipo raza 1, fue la responsable entre las década de los 50s y 60s del siglo pasado, de la desaparición del clon “Gros Michel” esto favoreció al establecimiento de especies del tipo Cavendish, los cuales están siendo amenazados nuevamente por la variante tipo raza 4 (López et al., 2019).

Los plátanos y bananos son muy susceptibles al ataque del hongo *Mycosphaerella*, que ataca severamente el área foliar de la planta, se han identificado tres especies que causan pérdidas significativas; *Mycosphaerella musicola*, *eumusae* y *fijiensis*, esta última ha ocasionado la reducción en los cultivares en todo el mundo y ha incrementado la dificultad para su producción (Manzo et al., 2014).

1.3 La Sigatoka Negra

La sigatoka negra es la enfermedad más importante económicamente hablando en cultivos de plátanos y bananos, derivado de la poca variedad de los genotipos establecidos y el abuso del control con productos de origen sintético lo que ha complicado el manejo de la enfermedad y el incremento económico para su control hasta en un 30% (Campo et al., 2020). El daño generado por sigatoka negra ha sido desolador en la producción de plátanos y bananos en el mundo, es por este motivo que en México sigatoka negra impulso a los productores a cambiar la forma de cultivar bananos, enfocados en un manejo integrado y aplicación de varios grupos de moléculas químicas para su control (Orozco et al., 2013).

1.3.1 Antecedentes de la enfermedad

Mycosphaerella fijiensis se detectó en 1963 en las islas Fiji, en la parte suroeste de Asia. Aunque por su extensa diseminación en el pacífico se sugiere que ha estado presente desde antes de su descubrimiento (Manzo et al., 2005). Fue detectada en Centro América (Honduras) en 1972, en Colombia se observó en 1981, en los 90 en el Caribe y para 2012 se observó en todas las zonas donde se producen plátanos y bananos (Orozco et al., 2013). Estos mismos autores señalan que en México, fue en Tapachula Chiapas donde se observó por primera vez en 1980 y de ahí se distribuyó rápidamente a todas las zonas productoras del país, siendo Nayarit en 1994 el último estado donde se detectó, aunque se desconoce la forma en que el patógeno llegó a las zonas de producción, lo más probable fue por transporte de

material vegetal (hojas o plántulas) traídas de las zonas donde ya estaba presente la enfermedad.

1.3.2 Clasificación taxonómica de la Sigatoka negra

El patógeno responsable de la enfermedad es el hongo *Mycosphaerella fijiensis*, su clasificación taxonómica se muestra en la (tabla 1).

Tabla 1. Clasificación taxonómica de la Sigatoka negra. **Fuente:** Ayala et al., 2014.

	Fase Sexual	Fase Asexual
Reino	Fungi	Fungi
División	Eumycota	Euycota
Subdivisión	Ascomycotina	Deuteromycotina
Clase	Loculoascomycetes	Hyphomycetes
Orden	Dothideales	Moniliales
Familia	Dothideaceae	Dematiaceae
Genero	Mycosphaerella	Cercospora
Especie	Fijiensis var. diformis	Fijiensis var. diformis

Manzo et al., (2019) mencionan que la sigatoka negra del banano es ocasionada por el ascomiceto *Pseudocercospora fijiensis*, anteriormente conocida como *Mycosphaerella fijiensis*, se estima que es la enfermedad de manchas foliares más grave del mundo. *Pseudocercospora fijiensis*, clase Dothideomycetes, orden Capnoidales, familia Mycosphaerellaceae es un haploide ascomiceto, con un hemibiotrofico bipolar y un sistema de apareamiento heterotálico, tanto los anamorfos como los teleomorfos están presentes en las hojas infectadas.

1.3.3 Ecología y biología de la enfermedad

El desarrollo de la enfermedad depende de factores climáticos, las zonas más susceptibles son las que presentan precipitaciones mayores a 1400 mm anuales, humedad relativa mayor al 80% y temperaturas entre 23 y 28 °C. Es más progresiva en temporada de lluvias, debido a la presencia continua de agua en el haz de las hojas, que facilita liberación de esporas, aunque se ha observado que las ascosporas pueden germinar entre los 10 y 38 °C, considerando que 27°C es la temperatura óptima y a 20 °C disminuye la infección (Valverde Luna, 2019).

El hongo *Mycosphaerella fijiensis* Morelet [anamorfo: *Pseudocercospora fijiensis* (Morelet) Deighton]. Es un ascomiceto, hemibiotrófico con gran capacidad evolutiva (mutaciones y/o recombinaciones sexuales) y se reproduce de forma asexual y sexual. (Orosco-Santos, 2024). Para Martínez et al., (2011) la reproducción asexual se observa en lesiones jóvenes, los conidios se manifiestan en conidióforos sencillos que sobresalen de los estomas, en su mayoría por la superficie abaxial de las hojas, y son dispersados por la lluvia, rocío, niebla, los riegos de micro y macro aspersión y se asocian con la diseminación de la enfermedad a distancias pequeñas. La fase sexual, es la más agresiva, inicia en las lesiones más longevas, dentro de estructuras denominadas pseudotecios, donde se encuentran las ascosporas (Fig.3), las cuales son liberadas al ambiente en períodos de alta humedad y son diseminadas por corrientes de aire a distancias muy amplias. Campo et al., (2020). señalan las dos formas de reproducción realizan una función determinante en la propagación de la enfermedad, cuando hay condiciones de humedad en las hojas, las esporas inician germinación en seis horas y la penetración en el tejido foliar lo realiza por los estomas entre 12 a 15 horas, es por esta situación que la mayor liberación de ascosporas se presenta en temporada de lluvias y por consecuencia la enfermedad aumenta su severidad.

Durante el proceso de infección se produce un intercambio de información extenso entre el patógeno invasor y las células hospedantes, ya que estas secretan compuestos como proteínas fúngicas, celulasas, hemicelulasa, pectinasas, esterases, cutinases, oxidoreductasas, las cuales fortalecen al hongo y debilitan la pared celular, facilitando la penetración del patógeno en el tejido foliar (Quebedo et al., 2018).

1.3.4 Ciclo biológico de la enfermedad

Es una enfermedad extremadamente agresiva que cumple su ciclo biológico en tan sólo 21 días, tal y como se puede observar (Fig. 3). Se manifiesta en cuatro etapas: germinación de esporas; estas pueden producirse de las dos formas asexual o sexual, introducción en el hospedante, crecimiento y manifestación de los síntomas y reproducción de esporas (INTAGRI, 2018).

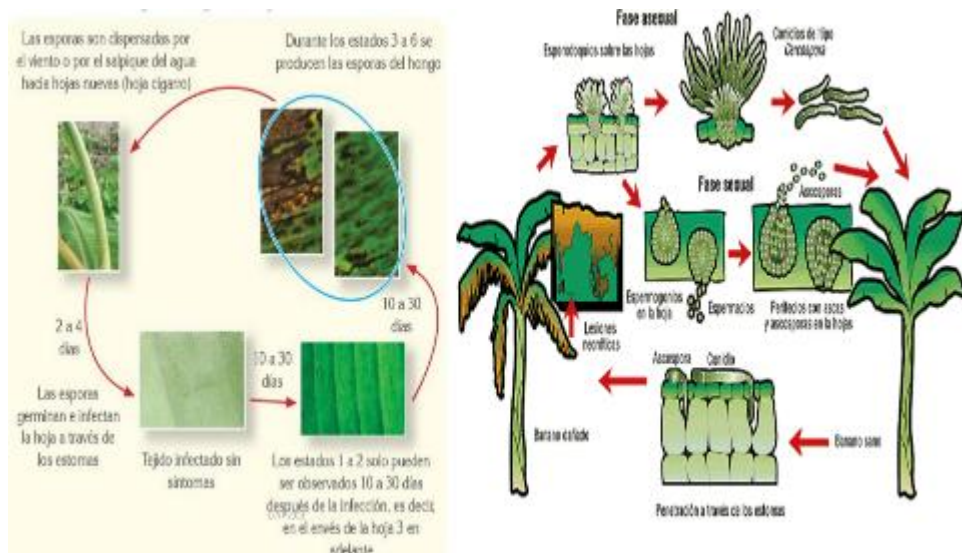


Figura 3. Ciclo biológico de la enfermedad. **Fuente:** INTAGRI, 2018.

Las ascosporas y conidios germinan y forman tubos germinativos que penetran en la hoja por los estomas (Fig. 4). El hongo establece una unión biotrófica entre las 3 y 4 semanas a partir de su introducción en el estoma antes de que se manifiesten puntos y estrías necróticas en la hoja (Manzoe et al., 2005). Una herida ocasionada por sigatoka negra en su última etapa (mancha gris) puede producir hasta 480 pseudotecios, estos en su interior poseen de dos a cuatro ascas cada uno. Las ascas ostentan ocho ascosporas, un pseudotecio produce de 16 a 32 ascosporas, mientras que una lesión puede casualmente expulsar de 7,680 a 15,360 ascosporas (Orozco et al., 2013).

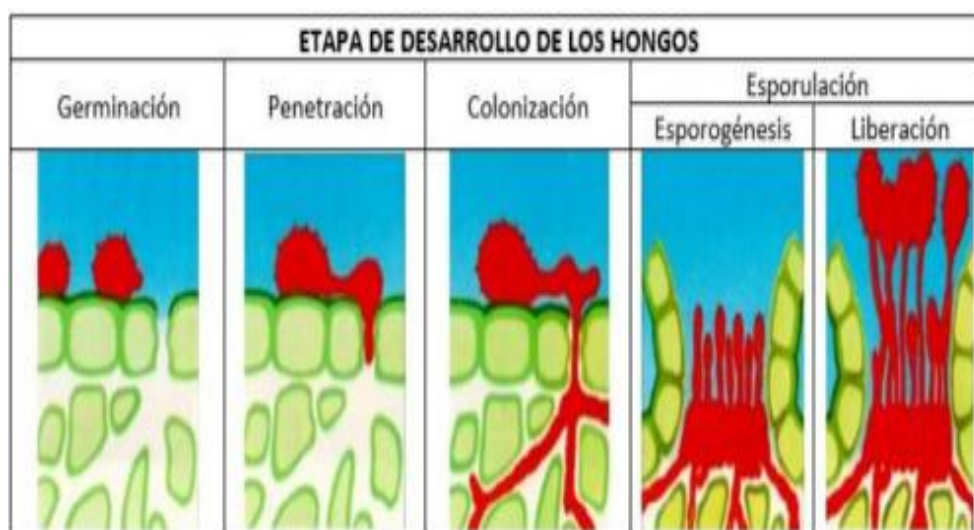


Figura 4. Etapas de germinación y penetración de un hongo en tejido vegetal. **Fuente:** Inestroza, 2022.

En la enfermedad se presentan seis estados en las hojas infectadas que a continuación se describen (Fig. 5):

- Manifestación de manchas cafés pequeñas de 0,25 mm de diámetro que aparecen en el envés de la hoja.
- Las manchas se convierten a su vez en una raya de 1 mm de ancho por 2 mm de largo.
- Las rayas aumentan de tamaño y adquieren una coloración oscura en el envés y visibles en el haz como rayas amarillas.
- En la siguiente etapa las rayas cafés oscuras se manifiestan circundadas por un halo amarillo con centro necrosado de color negro.
- La parte central de las manchas empiezan a deprimirse y el tejido que los circunda forma una halo amarillo.
- El centro de las manchas se seca creando una mancha gris circundada por un anillo negro bien determinado y un halo amarillo brillante (Campo et al., 2020).

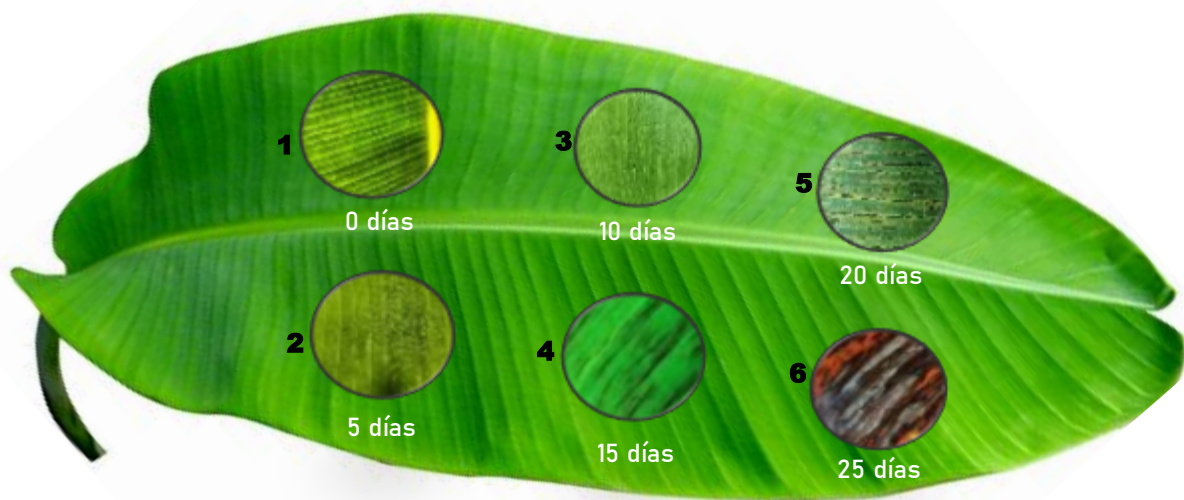


Figura 5. Estados de la Sigatoka negra. 1) punto decolorado, 2) formación de rayas, 3) formación de estrías, 4) mancha circundadas oscuras, 5) manchas con halo amarillo, 6) quema.

Es importante mencionar que el ciclo de la sigatoka negra varía de acuerdo a las condiciones climáticas, si estas son favorables se acortará haciendo más agresiva la infección, una plantación comercial tratada con fungicidas, rodeada de plantaciones “quemadas” o sin manejo de la enfermedad, favorece la formación de cepas más fortalecidas y eventualmente más resistentes y agresivas en estas últimas y viceversa el inóculo de estas plantaciones sin

manejo se desplaza e infecta las plantaciones vecinas, acelerando los procesos y ciclos de la enfermedad (Canto et al., 2015).

1.3.5 Sistemas de monitoreo de la enfermedad

Guzmán et al., (2013) sugieren monitorear la enfermedad en puntos estratégicos cada 50 has y evaluar 5 plantas de diferentes edades fisiológicas, recomiendan establecer puntos en lugares donde se presenten focos de infección. Para Orozco et al., (2013) la importancia de conocer los estados de la infección es fundamental para determinar la severidad de la misma y tomar decisiones del fungicida adecuado y su forma de actuar de acuerdo al estadio de la enfermedad, los métodos más empleados y recomendados para el monitoreo de la enfermedad son; el método de Stover modificado por Gauhl, basado en una observación del daño y síntomas en cada una de las hojas de plantas en estado de emisión de “perilla” o bellota, forma tamaño y cantidad de lesiones de hojas con porcentaje de área foliar infectada, hoja más joven enferma, promedio ponderado de infección y número de hojas activas. Mientras que el método de preaviso biológico tiene como base la identificación temprana de síntomas en las últimas tres hojas emitidas por la planta, requiere de precisión y conocimiento, se realiza en plantas jóvenes y de acuerdo a las emisiones foliares de las mismas, cuando una planta está próxima a emitir “perilla” o bellota se deja de monitorear y se cambia a otra planta en desarrollo, es más recomendado para plantillas que en huertos establecidos de dos o más ciclos pero tiene una limitante, el control de la infección se realiza únicamente con fungicidas sistémicos, por tanto se genera un riesgo importante de crear una resistencia del patógeno a grupos específicos de moléculas sintéticas.

1.3.6 Manejo y control de la enfermedad

La aplicación de agroquímicos es la estrategia más empleada por los productores desde que se detectó la enfermedad, pero no ha sido del todo la más efectiva, ya que se ha reportado la resistencia de *Mycosphaerella fijiensis* a diferentes moléculas químicas, además de generar un incremento significativo en los costos de producción y una alta emisión de residuos al ambiente (Orozco et al., 2008). En este sentido Mena et al., (2015) señalan que la dificultad en el control de la infección es provocada por diferentes factores, destacando la agresividad del hongo en sus dos formas de reproducción, la forma y características de la hoja y los diferentes estados fenológicos de la planta en un huerto, es importante mencionar que desde que se implementó el control químico se han recortado los ciclos de control aumentando significativamente el número de aplicaciones.

1.3.6.1 Manejo cultural

Se basa principalmente en la reducción del inóculo dentro de las plantaciones, al inicio de la plantación se deben de establecer materiales de siembra sanos, poblaciones controladas, deshojes programados y acomodo de los restos de cosecha, se debe realizar la eliminación de las hojas infectadas periódicamente, esta técnica consiste en la eliminación total (deshoje), parcial (saneamiento o cirugía) y la implementación de despunte o (poda temprana), de hojas total o parcialmente infectadas (Fig. 6).

Guzmán (2012) menciona que, en Costa Rica, CORBANA recomienda el retiro de las tres brácteas más longevas, esto si la planta tiene entre 15 y 16 hojas al momento de la aparición de la bellota, esta práctica no afecta la producción ni la actividad fotosintética de la planta, y a resultado efectiva en el control y disminución de la infección.



Figura 6. Marcado de hojas infectadas para eliminar. **1)** labores de deshoje, saneo y despunte. **2)** mismas plantas con deshoje, saneo y despunte.

1.3.6.2 Control de humedad

Estrada (2017) mencionó la importancia de establecer drenes dentro de las plantaciones, ya que al eliminar los excesos de agua y humedad se generan condiciones óptimas para el desarrollo radicular y microbiota del suelo, favoreciendo la disponibilidad de nutrientes y fortalecimiento de la planta.

Orozco et al., (2008) señalaron que la *Mycosphaerella fijiensis*, presentaba mayor agresividad en la temporada de lluvias, es por esta razón que recomiendan un especial cuidado en la elección del equipo de irrigación, ya que el sistema de aspersión presenta un efecto similar al provocado por la lluvia, mientras que los sistemas de microaspersión ofrecen una alternativa viable y eficiente en la producción de banano y menor propagación de la enfermedad.

1.3.6.3 Nutrición y fertilidad

La calidad y fertilidad de suelo influyen de manera determinante en el fortalecimiento y desarrollo de las plantas, los suelos “pobres” son más susceptibles al ataque de plagas y enfermedades, un balance óptimo de nutrientes y materia orgánica fortalecen la planta, para Furcal (2010) el cultivo de banano requiere de altas cantidades de nutrientes, y menciona que por lo general las aplicaciones son basadas en altas cantidades de NPK, omitiendo en cierta medida los otros elementos, es por esta razón, que recomienda realizar análisis de suelo y foliar periódicamente que permitan cubrir las necesidades del cultivo y considerar las condiciones climáticas y de suelo para realizar ajustes a los programas de fertilización cuando estos sean necesarios, en este sentido Orozco et al., (2008) mencionan que cuando se realizan aplicaciones óptimas de calcio, magnesio y potasio, se obtienen plantas vigorosas que toleran en mayor medida el impacto de la enfermedad de la sigatoka negra.

Es importante destacar que cada elemento mineral cumple una función específica en la planta, la aplicación y disponibilidad de los mismos, ayudan de manera significativa a la planta a producir sus propias defensas para protegerse ante el ataque de patógenos, Azofeifa et al., (2010) mencionaron que el calcio cumple una función fundamental en el fortalecimiento celular, la formación de pectatos de calcio o pectinas, fortalece las paredes celulares dificultando la entrada de patógenos y está involucrado en la transducción de señales al núcleo de la célula, es por esta razón que cuando en la planta los niveles de calcio son los adecuados la incidencia de *Mycosphaerella fijiensis* disminuye. Martínez (2021) menciona que además de ser un factor fundamental en los sistemas de defensa y absorción de nutrientes, los niveles óptimos de calcio influyen de manera significativa en el aumento de la producción, ya que al fortalecer la pared celular el fruto tiene una mejor presentación y vida de anaquel.

La carencia o poca disponibilidad de este elemento en suelos donde se cultivan bananos repercute en un pobre desarrollo radicular, y esto dificulta de manera limitante su entrada ya que solo puede ser asimilable para la planta en forma de ion Ca^{2+} una vez que es absorbido el movimiento solo se da por el xilema, para Contreras (2024) el calcio cumple una función muy específica en las plantas de banano y su disponibilidad se encuentra regulada por el índice de Turner para Ca ($\text{K}+\text{Ca}+\text{Mg}$) cuyo cociente óptimo es de 0.7, y está comprobado que en la mayor parte de suelos donde se cultiva banano el nivel no sobrepasa los 0.65, señala que para mantener cantidades de K^+ y Mg^{2+} se deben de realizar aplicaciones Ca.

Díaz et al., (2007) mencionan que los síntomas de deficiencia se manifiestan más en los puntos de crecimiento de hojas jóvenes, presentando un grosor en las nervaduras secundarias, raquitismo, reducción de la emisión foliar, frutos sensibles y un limitado desarrollo radicular lo que favorece al ataque de hongos y nematodos.

1.3.6.4 Inducción de resistencia sistémica adquirida

Las plantas son susceptibles al ataque de patógenos que afectan su desarrollo, es por esta causa que han desarrollado mecanismos de defensa contra factores bióticos o abióticos, las barreras físicas se basan en la composición y estructura de la cutícula, tricomas, estomas, pared celular entre otras. Por su parte las barreras químicas en la producción de taninos, terpenos, resinas, alcaloides. Una limitante de esta manera de defensa es en el tiempo que tarda en responder, se requieren años de transformaciones evolutivas generación de genes estructurales para que suceda un cambio en una barrera física o química, estos sucesos tardan demasiado en manifestarse o se suprimen. Las saponinas son una protección química constitutiva, por su parte las fitoalexinas y quitinasas son inducidas. La resistencia sistémica adquirida (RSA), puede ser accionada por la comparecencia, en la estructura vegetal de algunas especies (hongos, virus, bacterias, nematodos e incluso insectos herbívoros), reconocida como inducción biótica. Cuando las plantas reconocen en los patógenos moléculas efectoras, inician la activación de sus defensas, el aumento en el proceso de la expresión de genes relacionados con la defensa, está regulado por moléculas de señalización como el AS (es requerido para la resistencia a patógenos biotrofos y hemibiotrofos), el ácido jasmónico (AJ) y el etileno (estos últimos regulan la resistencia a patógenos necrotróficos y a la mayoría de insectos herbívoro plaga (Díaz-Puentes, 2012).

Aunado a lo anterior, Campo et al., (2020) mencionan que la nutrición es parte fundamental para activar la defensa en las plantas, fortalece las estructuras anatómicas y provee de herramientas para responder al ataque de los patógenos, está comprobado que fósforo estimula las defensas bioquímicas frente al ataque de patógenos, el potasio disminuye la severidad en el ataque de los hongos *Puccinia graminis*, *Alternaria solani* y *Antracnosis*. El calcio reduce la severidad de los hongos del suelo *Rhizoctonia* y *Sclerotium* y disminuye el ataque del nematodo *Ditylenchus dipsaci*.

Actualmente, se tienen identificados algunos compuestos que favorecen al desarrollo de mecanismos de defensa en las plantas, tal es el caso de los ligno-Sulfonatos (compuestos polivalentes de origen natural) estos activan el metabolismo y generan un mayor flujo vascular, elicitores y fitoalexinas, incrementando los niveles de resistencia en las plantas, así como la apertura y desinfección de los haces vasculares, tienen actividad hidrolítica en las plantas, generando un efecto determinante contra patógenos. Hayam et al., (2022) demostraron que los lignosulfonatos de calcio, favorecen el desarrollo radicular multiplicando la microbiota del suelo, estimulando la emisión de brotes e incrementando la producción y al aplicarlos se reduce la aplicación de productos sintéticos.

Por su parte la aplicación de ácido glutámico (AG) aporta un complejo de activadores como el glutamato, que facilita la fusión de la energía del ciclo de Krebs con el elemento fósforo para crear reservas de energía, estas son requeridas por la planta para facilitar la absorción óptima de nutrientes y sostener funciones bioquímicas y enzimáticas en la planta evitando los desórdenes fisiológicos, AG puede ser absorbido por las plantas por raíz y hojas, cuando es aplicado vía foliar baja los niveles de nitratos en las plantas e incorpora nitrógeno orgánico, aumenta el nivel de clorofila, la función de la glutamina sintetasa, calidad de frutos en fresco y volumen total de la planta. Los resultados obtenidos se deben a dos condiciones marcadas, el glutamato aplicado se traslada al sistema radicular, y la enzima glutamina sintetasa asimila mayor cantidad de nitrógeno amoniacal, la planta, al tener glutamato disponible envía los carbohidratos no utilizados hacia el fruto aumentando el peso de los mismos. Serna et al., (2011) destaca varias funciones del glutamato en las plantas, la asimilación de amonio y la creación de α -cetoglutarato compuesto que es parte en el proceso en el ciclo de Krebs por mencionar algunas.

Mogollón et al., (2011) indican que la inducción a resistencia de las plantas contra patógenos puede ser una alternativa, en plátano evaluaron aplicaciones de productos involucrados en la generación de mecanismos de defensa contra el hongo de *Mycosphaerella fijiensis*, encontrando respuestas favorables en aplicaciones de AS y fosfitos de potasio.

1.3.6.5 Control biológico

Está basado principalmente en la aplicación de microorganismos o productos de su metabolismo contra los patógenos, este control ha sido más eficiente en enfermedades de suelo que en enfermedades foliares, es por esta causa y por ser sigatoka negra un patógeno que ataca el tejido foliar que presenta dificultad en su control con microorganismos antagonistas, debido a que la superficie de la hoja está expuesta a cambios drásticos del clima y condiciones ambientales. El control biológico de la enfermedad se complica por diferentes causas; la agresividad de la infección, su estructura compleja y policíclica, la constante emisión de hojas nuevas que se da entre 6-10 días expuestas a la infección, han provocado un mínimo interés por buscar estrategias innovadoras de control, así como la falta de apoyo económico para financiar investigaciones. Aun con las dificultades e inconvenientes mencionados Cruz et al., (2009) observaron que bacterias pertenecientes al género *Bacillus* presentes en la filosfera de hojas de banano “Enano Gigante” las cuales fueron cultivadas en laboratorio, y aplicadas contra cepas del hongo *Mycosphaerella fijiensis*, mostraron antagonismo y efectividad contra el desarrollo de micelios del hongo patógeno, muy probablemente por la excreción de sustancias antifúngicas, en este sentido (Guzmán, 2012) desarrollo estudios e investigaciones principalmente con bacterias (quitinolíticas y glucanolíticas) del género *Bacillus* spp. y *Serratia* spp., las cuales tuvieron capacidad de sobrevivir en las hojas de las musáceas, presentaron un mejor control en condiciones controladas que en campo, se observó que los *Bacillus subtilis* y *Bacillus amyloliquefaciens* producen metabolitos que influyen directamente en la pared celular e inhiben el desarrollo de esporas del micelio.

Debido a la constante búsqueda de soluciones para disminuir el impacto de la sigatoka negra ha llevado a estudiar diferentes compuestos, uno de ellos es el quitosano al que se le atribuyen propiedades antifúngicas, probablemente porque se plantea que actúa sobre la permeabilidad de la membrana citoplasmática, y tiene un papel destacado en la conformación de quelatos con los elementos químicos de transición y la inhibición de enzimas, Ayala et al., (2014), comprobaron que el quitosano inhibe el desarrollo de algunos

patógenos fúngicos, muy probablemente por la síntesis de inhibición de enzimas presentes en estos organismos, en aplicaciones de quitosano contra *Mycosphaerella fijiensis*, se observó un efecto muy marcado en la fase sexual de la enfermedad, inhibiendo contundentemente la germinación de los tubos germinativos de las ascosporas. En este sentido Manzo et al., (2018) observaron en investigaciones realizadas *in vitro* en Colima, que los extractos etanólicos de propóleo inhiben diversos tipos de hongos entomopatógenos, esto por los contenidos de flavonoides y ácidos fenólicos que contienen, los cuales son eficaces en contra de microorganismos patógenos, destacando que el propóleo Ptecol1 mostró eficiencia contra el crecimiento micelial de *Mycosphaerella fijiensis*.

Actualmente la tendencia mundial en la producción de banano se enfoca en sistemas de producción sostenible con prácticas amigables con el medio ambiente, por tal razón el aprovechamiento de la microbiota benéfica y la producción de probióticos endófitos están considerados como una nueva generación de inoculantes en apoyo a la producción, la gran diversidad de bacterias endófitas en las plantas de banano varía en base a las condiciones climáticas y a la composición y estructura del suelo, siendo las más comunes las del género *Basillus* y *Pseudomonas* y donde se encuentra presente la enfermedad de *Fusarium oxysporum*, la poblaciones de microorganismos sufren alteraciones drásticas, aumentando la cantidad del género *Pseudomonas*, *Proteobacteria*, *Firmicutes* y *Actinobacteria*, estas mostraron un antagonismo con el patógeno de manera considerable. Beltran et al., (2021) mencionan que los endófitos son efectivos como agentes de control de *M. fijiensis*, siendo los del género *Basillus* spp. los que mayor control presentaron sobre el patógeno, observándose que cuando se utilizaron *Lysinibacillus sphaericus* E. cloacae y *Bacillus velezensis* en combinación con extractos de *Melaleuca alternifolia*, se redujo la enfermedad de manera significativa, esto confirma que los probióticos vegetales son una herramienta eficaz para la prevención de infecciones en los cultivos, beneficiando de manera directa e indirecta a las plantas contra los patógeno, aumentando la producción agrícola, y reduciendo considerablemente la aplicación de agroquímicos.

1.3.6.6 Control químico

En la actualidad es la estrategia más usada por los productores para contrarrestar el ataque de la enfermedad, se fundamenta en la aplicación alternada de agroquímicos de contacto, translaminares y sistémicos, este control ha sido cuestionado por los altos costos de los insumos, y por lo mencionado por Martínez et al., (2011) quienes señalaron que el abuso en

la aplicación de productos sintéticos generó resistencia del patógeno a moléculas del grupo de los benzimidazoles, triazoles y estrobirulinas, obligando a los productores al uso excesivo de aminas y anilino pirimidinas, aumentando el riesgo de fortalecer al patógeno con la consecuencia de que su control sea menos efectivo, en este sentido Orozco-Santos (2024) reportó que en la región de Urabá Colombia se realizan 52 ciclos de aplicaciones, Ecuador zona norte 44, Costa Rica 40 a 52, Guatemala de 52 a 65, destacó que en México en la zona de trópico húmedo ya se realizan entre 40 a 52 ciclos, mientras que en trópico seco entre 35 y 40, provocando un alto riesgo de contaminación al ambiente y a la salud pública.

Es por esta situación que nivel internacional existe un organismo denominado Comité de Acción Contra la Resistencia a fungicidas (FRAC) encargado de emitir recomendaciones en el uso de fungicidas en banano y su amenaza de crear sensibilidad en el hongo, en 2012 dicho organismo emitió una guía de recomendación para la aplicación de agroquímicos en *Musa cavendish* (tabla 2), el cual establece la forma y el número de aplicaciones a realizar anualmente.

Tabla 2. Guía sugerida para la aplicación de fungicidas en banano recomendados por la FRAC en 2012. **Fuente:** Guzmán et al., 2013.

Característica química del fungicida	Forma o usos	Forma de aplicar	Aplicaciones por año	Periodo de aplicación
<i>Inhibidores de la desmetilación (IDM)</i>	Mezclado	En Alternancia	8 Sin exceder el 50% del total de aplicaciones	●
<i>Aminas</i>	Solo pero preferiblemente en mezcla	Máximo dos aplicaciones consecutivas, en alternancia	15 Sin exceder el 50% del total de aplicaciones	Sin restricción
<i>Inhibidores Qo (Estrobilurinas)</i>	Mezclado	En Alternancia	8 Sin exceder el 33% del total de aplicaciones	●●
<i>Anilino pirimidinas (AP)</i>	Mezclado	En Alternancia	8 No más del 33% del número total de aplicaciones	Sin restricción
<i>Benzimidazoles (BCM)</i>	Mezclado	En Alternancia	3 Sin exceder el 33% del total de aplicaciones	●●
<i>N-fenilcarbamatos</i>	Mezclado	En Alternancia	3 Sin exceder el 33% del total de aplicaciones	●●
<i>Inhibidores SDHI</i>	Mezclado	En Alternancia	4 Sin exceder el 33% del total de aplicaciones	●●●
<i>Guanidina</i>	Solo, pero preferiblemente en mezcla	En Alternancia	6 Sin exceder el 33% del total de aplicaciones	●●●●

● Iniciar las aplicaciones preferentemente al comienzo de progresión de la curva anual de la enfermedad. ●● Dar prioridad en las épocas de baja presión de la enfermedad; las aplicaciones deben separarse al menos 3 meses. ●●● Preferiblemente en las épocas de baja presión de la enfermedad; las aplicaciones deben separarse al menos 8 semanas. ●●●● Preferiblemente en las épocas de baja presión de la enfermedad; las aplicaciones deben separarse al menos 6 semanas.

Esta misma organización publicó para 2013 una lista de los grupos químicos de fungicidas más susceptibles a crear resistencia en el hongo causante de la *Mycosphaerella fijiensis* (tabla, 3). Este mismo organismo recomienda que la sigatoka negra debe de ser combatida con aplicaciones alternando los diferentes grupos químicos y mezclas, pero siempre tomando en cuenta los estadios, el avance de la infección y el medio ambiente, es por esta razón que el muestreo y supervisión son fundamentales al momento de decidir el fungicida adecuado acorde al estado evolutivo de la enfermedad. Guzmán et al., (2013), menciona que por sus características los fungicidas sistémicos son muy específicos en su forma de control (inhibidores sitio-específicos) cuya característica es que solo actúan en un sitio de acción para atacar el metabolismo del patógeno, es por esta razón que el riesgo de generar resistencia es mayor al de los fungicidas protectantes o de contacto pues estos actúan de forma distinta al formar una película de protección en la hoja.

Tabla 3. Riesgos de sensibilidad a moléculas sintéticas (fungicidas) utilizados en el control de la *Pseudocercospora fijiensis* FRAC 2013. **Fuente:** Quebedo et al., 2018.

Compuesto químico	Modo de acción	Probabilidad de generar resistencia
<i>Benzimidazoles (BCM)</i>	Sistémico	Alto
<i>Inhibidores de la desmetilación (IDM)</i>	Sistémico	Medio
<i>Inhibidores Qo (Estrobilurinas)</i>	Sistémico	Alto
<i>Aminas</i>	Sistémico	Bajo a medio
<i>Anilinopirimidinas (AP)</i>	Sistémico	Medio
<i>Inhibidores SDHI</i>	Sistémico	Medio alto
<i>Guanidina</i>	Sistémico	Bajo a medio
<i>Protectantes</i>	Protectante	Bajo
<i>Microbiales</i>	Protectante	Bajo
<i>Extractos vegetales</i>	Protectante	Bajo

En la reunión celebrada en 2018, la FRAC propuso la utilización de ingredientes nuevos e incluyó en su lista organismos biológicos del grupo *Bacillus* spp., (tabla 4). Es importante mencionar que cada país tiene registradas sus propias moléculas autorizadas y se debe de acatar las disposiciones legales en la aplicación de agroquímicos (INTAGRI, 2018).

Tabla 4. Tipos de moléculas químicas (ingredientes activos) de fungicidas para bananos Frac 2018. **Fuente:** INTAGRI, 2018.

Clase química	Ingredientes Activos
Inhibidores de la demethylation (DMIs).	Difeconazol, epoxiconazol, fenbuconazol, propiconazol, tebuconazol y triadimenol.
Estrobilurinas (Inhibidores Qo, Qol):	Azoxistrobin, pyraclostrobin, trifloxystrobin.
Aminas	Spiroxamina, fenpropimorph, fenpropidin. Tridemorph.
Anilinopirimidinas (AP)	Pirimethanil.
Benzimidazoles (BCM)	Benomyl, carbendazim, thiophanate, methyl-thiophanate
Carboxamidas (SDHI)	Boscalid, fluopyram, fluxapyroxad e isopyrazam.
Fungicidas Multi-sitio	Mancozeb, Clorotalonil, Propineb, Thiram, Captan, Metiram.
Biológicos Clases F6, F7	<i>Bacillus amyloliquefaciens</i> (Sin. <i>B. subtilis</i>), <i>Melaleuca alternifolia</i> .

1.3.6.7 Mejoramiento genético

Se han realizado algunos ensayos de mejoramiento genético en algunas variedades de bananos, con resultados positivos en sus primeras etapas, pero con problemas de resistencia después de las terceras generaciones, a nivel del genoma se han descubierto datos interesantes sobre la enfermedad, existe una alta incidencia de polimorfismos en la longitud de los cromosomas lo que señala una elevada variabilidad en el contenido u organización del genoma. Se han identificado más de 24 proteínas en la pared celular de *P. fijiensis*, que causan virulencia y un metabolito secundario fitotóxico llamado fijestina que causa patogenicidad importante, para comprender el genoma de *P. fijiensis*, también se debe de estudiar el genoma de los cultivares de banano para identificar los genes que intervienen en la activación de defensa. Utilizando la expresión genética se ha identificado la importancia del AJ, AS y las vías del etileno en la inducción a resistencia, otras alternativas interesantes son utilizar materiales transgénicos donde ya se han observado importantes avances en resistencia a *P. fijiensis*, *F. oxysporum* f. sp. cubense y *Colletotrichum*, y silenciamiento genético inducido por el huésped. Noar et al., (2022) mencionaron que por la adaptabilidad, agresividad y virulencia con que se comporta el patógeno *P. fijiensis*, es importante estudiar y caracterizar los genes del hongo que causan patogenicidad, así como la caracterización de genes protagonistas en la inducción de defensa en las plantas, con el objetivo de descubrir una alternativa eficaz para su control.

1.4 Estudios previos

Martínez et al., (2006) realizaron un trabajo de evaluación de “poda temprana” considerada una práctica cultural en hojas 5 y 3, durante 2 años en tres diferentes zonas productoras de Colombia, donde obtuvieron diferencias estadísticas en la severidad de la infección cuando realizaron la poda temprana, obteniendo una hoja más por planta libre de infección, y en uno

de los tratamientos se redujo la severidad de la infección en un 30% mencionando también que la poda temprana en hoja tres, fue la que menos severidad de la infección presentó, recomiendan el establecer la poda temprana como práctica en un sistema integral, ya que se puede manejar preventiva y oportunamente el desarrollo y avance de la infección de la sigatoka negra.

En un estudio realizado por Azofeifa et al., (2010) evaluaron el uso de calcio, magnesio y boro en aplicaciones foliares, con el objetivo de ver su comportamiento en combinación con fungicidas de control y su efecto en el impacto de la enfermedad, reportaron que donde aplicaron calcio y boro, observaron una reducción de la sigatoka negra, comparado con el testigo donde no se aplicó, y se observó un mayor número de hojas sanas cuando se aplicó calcio, comprobando que el calcio promueve defensas en las plantas contra patógenos, mencionan también que cuando utilizaron calcio y boro en combinación con el fungicida mancozeb, se obtuvo un mejor control de la enfermedad a cuando se aplicó sólo el fungicida, y con la aplicación de calcio y boro, se observó menor severidad de la enfermedad en los periodos de crecimiento vegetativo y floración.

Soares et al., (2017) realizaron una investigación en el sureste de Brasil, en plantas de banano “Enano gigante” donde evaluaron dos tratamientos a diferentes concentraciones de calcio y potasio en soluciones nutritivas, encontrando que cuando se aplicó calcio, la enfermedad se mantuvo controlada, en cambio en las plantas donde se aplicó el potasio presentaron avance de la enfermedad, mencionaron que el aumento de contenido de potasio puede causar un desequilibrio en la absorción de nutrientes, por lo que la aplicación adecuada y balanceada de nutrientes permite la disminución de la aplicación de fungicidas.

Barumen et al., (2015) evaluaron aplicaciones de AS en concentraciones de 5 μ M contra *Colletotrichum* spp. en frutos de plátano, y obtuvieron resultados favorables en control de la esporulación y el crecimiento micelial, cuando se les aplicó el AS estos disminuyeron significativamente e impidieron totalmente el desarrollo de esporas del hongo.

Röder et al., (2018) realizaron un estudio en un cultivo de papa orgánica, con aplicaciones al follaje de melaza de caña fermentada por bacterias *Corynebacterium glutamicum*, en cuya composición contiene cantidades importantes de L-ácido glutámico, observando un aumento en rendimiento por el efecto de la enzima nitrato reductasa.

Yépez et al., (2020) realizaron una investigación en Ecuador, en donde compararon tres hormonas claves en la activación de los mecanismos de defensa en las plantas, y su respuesta contra sigatoka negra en banano, AJ, AS, extracto de carophiláceas, un testigo químico y un testigo absoluto, observaron que en el testigo químico se presentó menor grado de infección en floración, mientras que el AJ y el AS se comportaron similares, es de destacar que el resultado obtenido con el AS en temporada de lluvias fue muy cercano al control químico y para la variable de hojas funcionales en temporada seca el extracto de carophiláceas fue el mejor seguido del AS, es importante mencionar que los inductores a resistencia destacaron en el control de sigatoka negra.

Hayam et al., (2022) analizaron el efecto del Lignosulfonato de calcio (LC) en suelos con alto contenido de NaCl en el cultivo de cebada, observaron que donde se realizó la aplicación el nivel de sodio en la hoja disminuyó y aumentó el nivel de potasio, con un menor daño en follaje y raíz, disminuyendo la actividad de la peroxidasa y aumentando la calidad y cantidad de grano.

II. MATERIALES Y MÉTODOS

2.1 Localización del experimento

El área donde realizó el experimento (Fig. 7), se encuentra localizada en la comunidad de Chucutitán municipio de Lázaro Cárdenas Michoacán, en una propiedad privada, geográficamente ubicada entre las coordenadas 18.017425-102.463672 con un clima cálido, semicálido subhúmedo con temperaturas que oscilan entre los 26-30 °C.



Figura 7. Macro localización del área experimental. **Fuente:** Google maps, 2022.

2.2 Establecimiento del experimento

El terreno donde se estableció el experimento tiene una superficie de una hectárea, totalmente homogéneo y cuenta con riego de microaspersión, se establecieron 1,786 plantas propagadas *in vitro* de 75 días de edad del clon enano gigante, de las cuales se tomaron 45 para el proyecto de investigación.

Se evaluaron dos factores, a) inductores de resistencia ácido salicílico (AS), lignosulfonatos de aluminio (LA), ácido glutámico (AG), con dos testigos, poda temprana (PT1) y sin inductor ni poda (T2); y b) tres niveles de calcio (5, 7.5 y 15 g). El arreglo fue en un diseño

de parcelas divididas, en la parcela grande se ubicaron los inductores con sus testigos y en la parcela chica los tres niveles de CaO. Resultando una combinación de 15 tratamientos con tres repeticiones (tabla 5).

Tabla 5. Relación de tratamientos.

Tratamiento	Inductor	CaO (dosis g pl ⁻¹) intervalo en días
1	Lignosulfonato de aluminio	5/ 10 días
2	Lignosulfonato de aluminio	7.5/15 días
3	Lignosulfonato de aluminio	15/30 días
4	Poda temprana	5/10 días
5	Poda temprana	7.5/15 días
6	Poda temprana	15/ 30 días
7	Ácido salicílico	5/10 días
8	Ácido salicílico	7.5/15 días
9	Ácido salicílico	15/30 días
10	Tratamiento testigo	5/10 días
11	Tratamiento testigo	7.5/ 15 días
12	Tratamiento testigo	15/30 días
13	Ácido glutámico	5/10 días
14	Ácido glutámico	7.5/15 días
15	Ácido glutámico	15/30 días

Para el acomodo en campo, se sorteó al azar el orden para ubicar las parcelas grandes, una vez establecido el acomodo se seleccionó la línea central de plantas en cada una de ellas, y dentro de cada una, se establecieron los tres niveles de CaO (Fig. 8).

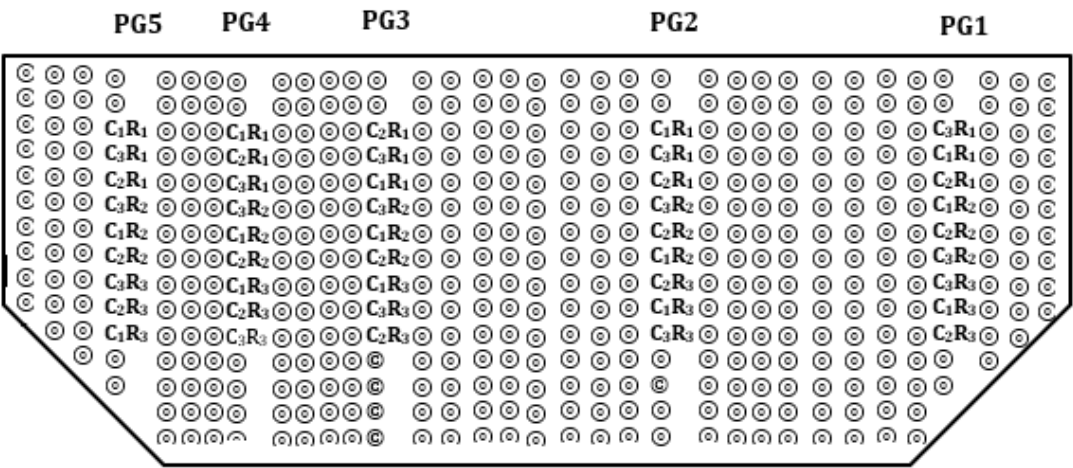


Figura 8. Distribución de tratamientos en campo.

2.3 Manejo del Experimento

En el experimento se realizaron 22 ciclos de aplicaciones de fungicidas, el monitoreo cada 7 días, una vez identificado el grado y estadio de la enfermedad, se determinó el intervalo de aplicación y el fungicida en la dosis recomendada, las aplicaciones en todo el predio se realizaron con un dron aéreo. En la P1 se aplicaron 0.6 ml de lignosulfonatos de aluminio (LA) mensuales por planta vía foliar, en la P2 la poda temprana (PT1) fue en la hoja 3 semanalmente, en la P3 se aplicaron 0.110 g AS por planta cada 30 días, en la P4 se aplicó únicamente fungicidas sin inductor ni poda (T2) y en la P5 0.110 g AG por planta cada 30 días. En todas las parcelas se aplicaron los tres niveles de CaO en las plantas seleccionadas con tres repeticiones, (C1) 5 g por planta cada 10 días, (C2) 7.5 g por planta cada 15 días y (C3) 15 g por planta cada 30 días.

La poda temprana se realizó semanalmente en la hoja no 3 a 16 cm de la punta, a partir de la emisión de la séptima hoja después de establecida la planta en campo y respetando las hojas 1,2 y cigarro, los cortes se realizaron con machete en los primeros 4 meses de edad y a partir del quinto mes se utilizó una cuchilla por la altura de la planta (fig. 9).

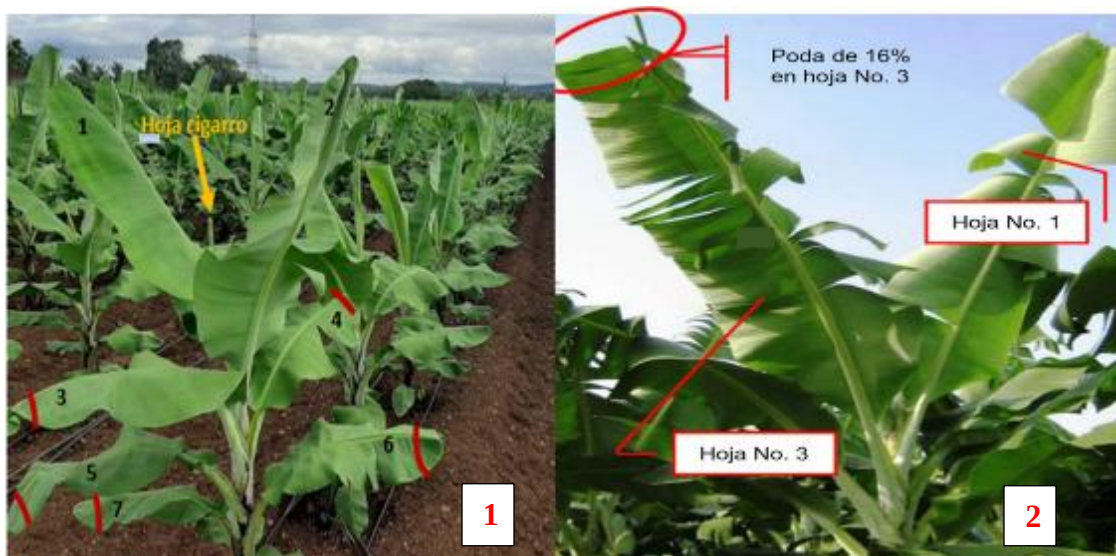


Figura 9. Selección y corte de hoja en planta (poda temprana) 1) inicio de poda después de la emisión de la hoja no 7, 2) poda en planta adulta.

En la aplicación aérea se utilizaron fungicidas protectantes, sistémicos y translaminares autorizados por la FRAC, en la parcela uno (P1) se utilizó el producto Hortikem Vitally LA de la empresa Hortitec cuya composición química tiene una concentración (% P/V) de 2.20 de cobre, 2.50 de hierro, 0.90 de manganeso, 0.60 de zinc y 22.30 de materia orgánica (MO), la dosis de este producto se midió en una jeringa de 5 cm³. El AS fue de la marca Meyer, a

una concentración del 99%, para el AG se aplicó el producto “Metabolic” de la empresa Intrakam que tiene concentración del 98%, con la utilización de una balanza analítica de la marca Velab™. Estos productos se aplicaron vía foliar con un dron “Titán” de 30 litros de la marca Agras en horas tempranas en los tiempos marcados y para la fuente de calcio se utilizó el producto Root Feed (CaO) de la empresa Stoller México, utilizando una báscula analítica de la marca Velab™ y se disolvieron para ser aplicadas al suelo en forma de media luna a 30 cm frente al hijuelo con aspersora de mochila tipo drench de la marca “Jacto” de 20 litros, en las dosis y tiempos establecidos.

2.4 Variables evaluadas

El Promedio Ponderado de Infección (PPI), la hoja más joven infectada (HMJI), y número de hojas por planta al parir (HPP), se determinaron aplicando el método de Stover modificado por Gauhl (características y cantidad de lesiones, número de hojas afectadas, % del área foliar afectada).

Al momento de la emisión de la perilla se evaluó el nivel de calcio en peciolo (NCaP), de la hoja 7 tomando la parte basal de la hoja de donde se extrajo la savia y la medición se realizó en ppm con un “Kardex” LAQUAtwin de la marca HORIBA. La altura del hijuelo (AH) se midió con cinta métrica al momento de la emisión de la perilla. El número de hojas a cosecha (NHC) y peso de racimo (PR), se midieron durante el periodo de la recolección de fruto (cosecha) y los racimos se pesaron en una báscula SF 400.

2.5 Análisis estadístico

Los datos del muestreo se analizaron con el estadístico SAS de acuerdo al modelo matemático de Parcelas divididas.

$$Y_{ijkl} = \mu + \rho_i + \alpha_j + (\alpha\beta)_{jk} + (\alpha\gamma)_{ij} + \beta_k + (\alpha\beta\gamma)_{jkl}$$

Donde:

Y_{ijk} = Variable dependiente medible.

$i = 1, 2, 3, \dots, r$ repeticiones.

$j = 1, 2, 3, \dots, a$ niveles de factor A.

$k = 1, 2, 3, \dots, b$ niveles de factor B.

μ = Media general.

ρ_i = Efecto de las repeticiones.

α_j = Efecto del factor A.

$(\alpha\gamma)_{ij}$ = Error “A”.

β_k = Efecto del factor B.

$(\alpha\beta\gamma)_{jkl}$ = Efecto de la interacción A*B.

III. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

3.1 Efecto de los productos en parcela grande

El análisis de varianza presentó diferencia estadística para el efecto de la parcela grande, donde sobresalió el AG en las variables número de hojas a parición, hoja más joven infectada, y aunque no se presentó significancia entre tratamientos en hojas a cosecha este inductor destacó ligeramente por encima de los demás en esta variable y presentó la mayor cantidad de calcio en peciolo, fue ligeramente inferior al AS en la variable del promedio ponderado de infección aunque estadísticamente fueron similares. Como ya se mencionó el AS presentó el mejor resultado en promedio ponderado de infección, destacó estadísticamente frente a los otros tratamientos en la variable altura del hijo y fue similar estadísticamente a los LA en peso de racimo.

3.1.1 Hojas por planta al parir

Se puede observar en la tabla 6, significancia similar ($P \leq 0.05$) entre los tratamientos SA con 13.11 hojas, PT1 13.22, T2 13.56 siendo el AG estadísticamente superior con 14.33 hojas, el cual mostró un mejor desempeño en comparación con los otros tratamientos evaluados, esto debido a que el AG aporta un complejo de activadores. Al respecto Serna et al., (2011) mencionan que cuando se realizan aplicaciones constantes AG vía foliar, la actividad favorece el aumento de clorofila b, la captura de energía solar, la fotosíntesis y muy probablemente el AG se traslade al sistema radicular y ahí la enzima glutamina sintetasa asimile más nitrógeno amoniacal que por consecuencia se refleja en un aumento foliar considerable.

3.1.2 Hoja más joven infectada

En la misma tabla 6, se observó diferencia estadística ($P \leq 0.01$) para el AG, donde se obtuvo la mayor cantidad de hojas libres de la infección con 10.44. Al igual que en la variable anterior el AG destacó sobre los demás tratamientos probablemente porque este aminoácido es de los más funcionales dentro de la planta. Serna et al. (2011) comprobaron que al aplicar AG vía foliar se mejora la absorción de nitrógeno incorporándose en compuestos orgánicos, aumentando la síntesis de clorofila, la cantidad de aminoácidos libres y la proteína soluble, este aminoácido mejora el metabolismo del nitrógeno en forma amoniacal al incrementar la actividad de la enzima glutamina sintetasa y por transaminación genera otros aminoácidos

como arginina, prolina ornitina, coincidiendo con lo publicado por INTAGRI (2018) que mencionan que el AG forma compuestos funcionales y activos, ya que se encuentra en las células oclusivas y actúa como regulador osmótico, favoreciendo la apertura de estomas y activando mecanismos de defensa en las plantas de ahí que en las variables relacionadas al área foliar destacaron los tratamientos donde se aplicó este inductor.

Tabla 6. Análisis de varianza para parcela grande.

Tratamiento	Producto	Dosis/p	HPP	HMJI	PPI	NHC	NCaP ppm	PR Kg	AH m
1	LA	0.6ml	12.66 B	8.44 C	0.69AB	6.94A	36.00 C	28.10A^Z	2.00 B
2	PT	--	13.22AB	9.89AB	0.53 BC	7.22A	25.33 C	18,77 B	1.24 C
3	AS	0.110 g	11.11AB	9.56ABC	0.41 C^{Z*}	7.61A	36.33 BC	27.20A	2.74A^{Z*}
4	TT	--	13.56AB	8.78 BC	0.80A	7.44A	53.44A	22.89AB	1.54 BC
5	AG	0.110 g	14.33A^Z	10.44A^Z	0.50 C	8.00A	56.11A^{Z*}	24.81AB	1.78 BC
DSH ₀₅			1.4339	1.2963	0.1788	1.2039	17.1890	6.1839	0.6075
C.V(%)			7.5986	9.7528	21.5679	11.4424	29-4011	18.0017	23.0971

^Z Promedios con diferente letra, indican diferencia estadística ($P \leq 0.05$)

3.1.3 Promedio ponderado de infección

Para esta variable en el análisis de resultados presentó diferencia altamente significativa ($P \leq 0.01$) en el tratamiento PT1 con un PPI de 0.53 y el AG con 0.50 destacando el AS con el menor índice de infección que fue de 0.41, de acuerdo con la escala de severidad determinada por Stover modificada por Gauhl, coincidiendo con Berumen et al., (2015) quienes encontraron que la aplicación del AS disminuye la elongación y ramificación micelial de la hifas por efecto de inducción a una defensa interna de la planta de los mecanismos de defensa produciendo péptidos antimicrobianos que afectan directamente el desarrollo de los patógenos, por su parte Terrero et al., (2020) hacen alusión que el AS disminuye el grado de infección aún en temporada de lluvias donde el inóculo se presenta con mayor agresividad pues influye directamente en la activación de la defensa interna cuando las plantas reconocen en los patógenos moléculas efectoras, estas inician la activación de sus defensas formando fitoalexinas. Para Tang, et al., (2020) el receptor sensorial de calcio CAS es una proteína importante que se encuentra en la membrana tilacoide del cloroplasto, siendo esta la encargada de elevar la cantidad de AS que promueve mecanismos de defensa en las plantas, Esto quedó demostrado por Noar, Thomas y Daub (2022) quienes utilizando la expresión genética identificaron la importancia del AJ, AS y las vías del etileno en la inducción a resistencia en las plantas. Es importante destacar que en el T2 se detectó la infección en su punto más alto con un PPI de 0.87, comprobando con esto que las plantas responden favorablemente a la aplicación de inductores.

3.1.4 Número de hojas a cosecha

Para el número de hojas funcionales a cosecha el análisis estadístico no mostró diferencia estadística entre tratamientos, sin embargo, el AG fue ligeramente superior a los demás tratamientos y obtuvo una hoja más que los LA.

3.1.5 Nivel de calcio en el peciolo

En esta variable se observó diferencia altamente significativa ($P \leq 0.01$) en el tratamiento T2 con 53.3 ppm y fue en el AG donde se encontró la concentración más alta con 56.11 ppm de calcio en el peciolo, observando que en estos dos tratamientos el calcio se concentró en el área foliar y probablemente fue mínima la cantidad que se translocó al fruto ya que en ambos tratamientos no se superaron los 25 kg por racimo, al respecto Díaz, Cayón y Mira (2007) mencionan que la asimilación de calcio es mayor en hojas que en el fruto ya que al ser asimilado este se desvía rápido a las hojas por la mayor capacidad transpiratoria. Es importante señalar que los tratamientos LA y AS el NCaP fue prácticamente igual 36 ppm, destacando que en los tratamientos con LA y AS se presentaron los mayores pesos de racimo.

3.1.6 Peso del racimo

Al analizar los datos para esta variable se presentó diferencia estadística ($P \leq 0.01$) para los tratamientos de AS con 27.20 kg y LA con 28.10 kg, superando lo reportado por productores de banano de exportación del clon enano gigante de las zonas productoras de México, donde hacen referencia que el promedio de un racimo de banano de este clon es de 25 kg, y el peso obtenido por Osuna et al., (2008) quienes reportaron racimos de 24.5 kg para este mismo clon. Mientras que el tratamiento PT1 presentó el menor peso con 18.77 kg, resultado muy similar a lo reportado por Colque (2017) quien en una evaluación realizada durante cuatro años consecutivos obtuvo un promedio de 18.5 kg para banano enano gigante. Es importante destacar que al realizar una comparación contra los tratamientos donde se obtuvieron los resultados con mayor peso de racimo la diferencia supera los 10 kg, lo que indica que los inductores LA y AS influyen directamente en el llenado de racimo, ya que Ikkonen et al., (2023) mencionan que los LA son complejantes de iones metálicos y facilitan la unión microelementos quelatados que adhieren químicamente a su estructura orgánica para de esta forma mejorar y optimizar la eficacia de las aplicaciones de los elementos nutricionales, influyen en el contenido de proteínas y azúcares, coincidiendo con lo presentado por Hayam et al. (2022) quienes con la aplicación de Lignosulfonatos de calcio (LC) aumentaron la acumulación de potasio en fruto generando mayor volumen y peso, destacando que aunque

en este tratamiento se presentaron niveles altos de *M. fijiensis*, se obtuvieron los racimos de mayor peso y tamaño. Y para el efecto de aumento de PR, Martin et al., (2012) comprobaron que en concentraciones de 0.01 μM de AS aumentan los rendimientos por hectárea por racimo hasta en un 21.9%. mientras que, para Tang et al., (2020) el CAS tiene un rol fundamental en la regulación de movimiento de estomas, así como en la generación y ajuste de Ca^{+2} citoplasmático, estableciendo la regulación del proceso fisiológico en las plantas, favoreciendo la translocación de calcio al fruto y aumento de peso en los racimos.

3.1.7 Altura del hijo

La altura del hijo se midió al inicio de la emisión de la perilla en todos los tratamientos, mostrando el análisis de varianza diferencia estadística al ($P \leq 0.01$) para el tratamiento con AS donde los hijos obtuvieron 2.74 m, destacando con más de 70 cm del tratamiento más cercano y superior a los presentados por Román et al., (2023) quienes con aplicaciones de 200 kg ha^{-1} de potasio (K_2O) obtuvieron hijuelos de 1.85 m, por lo que la influencia del AS en las plantas es señalada en un artículo publicado por Dzib et al., (2021) quienes mencionan el efecto positivo generado por este inductor cuando se aplica en el área foliar ya que promueve un aumento importante en el crecimiento radicular, permitiendo una mayor absorción de los nutrientes y generando un mayor crecimiento y desarrollo de las plantas, confirmando lo reportado por Martin et al., (2012) quienes mencionan que aplicando dosis de 0.01 μM de AS el crecimiento y desarrollo de las plantas aumenta considerablemente. Se debe señalar que en el tratamiento PT1 se observó los hijuelos más pequeños 1.21 m, muy similares a los obtenidos por Villa (2023) en Urabá Colombia cuya AH fue de 1.15 m estos mostraron diferencia de 1.5 m menor en relación al resultado obtenido con el AS, como se puede observar el tratamiento de PT1 presentó resultados inferiores en las variables NCaP, PR y AH debido muy probablemente al efecto ocasionado por la agresión que sufre la planta, alterando su proceso y desarrollo fisiológico, estos resultados son diferentes a los presentados por Martínez et al., (2006) quienes mencionan que la poda temprana no afecta el desarrollo de la planta y no influye en el llenado del racimo.

3.2 Comportamiento del banano a diferentes niveles de CaO

El análisis de varianza no presentó diferencia estadística entre los tres niveles de calcio, sin embargo, se puede observar en la tabla 7, que cuando se aplicaron los 5 g de CaO el efecto fue ligeramente mayor para el número de hojas por planta al parir HHP, hoja más joven infectada HMJI y peso de racimo PR, la dosis de 10 g destaco en las variables de nivel de

calcio en peciolo NCaP y altura del hijo AH, mientras que la dosis de 15 g tuvo un mejor comportamiento en las variables promedio ponderado de infección PPI y número de hojas a cosecha NHC.

Tabla 7. Análisis estadístico para la parcela chica.

Tratamiento	Dosis/p de CaO g	Aplicación (días)	HPP	HMJI	PPI	NHC	NCaP ppm	PR Kg	AH m
1	5	10	13.67A ^z	9.60A ^z	0.58A	7.30A	37.33A	25.17A	1.82A
2	7.5	15	13.40A	9.40A	0.63A	7.50A	44.40A ^z	24.16A	2.02A ^z
3	15	30	13.07A	9.27A	0.55A ^z	7.57A ^z	42.60A	23.73A	1.75A
DSH ₀₅			0.9391	0.8489	0.1171	0.7881	11.257	4.0499	0.3978
C.V (%)			7.5986	9.7528	21.5679	11.4424	29.4011	18.0017	23.0971

^z Promedios con la misma letra, indican igualdad estadística (P>0.05)

3.3 Interacción de inductores y CaO en el comportamiento del banano

Basados en el análisis estadístico, no se presentó diferencia estadística entre los tratamientos (tabla 8). Sin embargo, al comparar los datos para HPP y HMJI el mejor comportamiento correspondió a los tratamientos donde se aplicó AG, sobresaliendo ligeramente el tratamiento con 5 g de CaO con 14.67 hojas al parir y 10.67 hojas sin síntomas de la infección, mientras que con LA más 15 g de CaO se observó menos cantidad de hojas al parir y el menor número de hojas funcionales. En la misma tabla para la comparación del PPI, el AS más 15 g de CaO presentó el nivel más bajo de la infección con 0.37, coincidiendo con los efectos individuales de ambos productos que se observan en las Tablas 6 y 7 respectivamente. Seguido por el tratamiento PT1 más 5 g de CaO con 0.40 de PPI, mientras que en el T2 con 5 y 7.5 g de CaO se presentó el mayor índice de la infección por encima de 0.8 de PPI en ambos tratamientos. Para la medición NHC destacó el AG, con 7.5 g y 15 de CaO en ambos tratamientos se obtuvieron más de 8 hojas funcionales y fueron ligeramente superiores al resto de los tratamientos. Para NCaP en el T2 más 15 g de CaO fue donde más calcio se obtuvo en el peciolo 63.67 ppm, mientras que en tratamiento de PT1 más 5 g de CaO fue donde menor concentración se observó 18 ppm. Con respecto a la variable PR, el tratamiento LA más 5 g de CaO obtuvo el mejor resultado con 29.22 kg, mientras que en PT1 más 15 g de CaO se presentó el menor PR con 15.68 kg. Para la AH, el resultado más destacado pertenece al AS con las tres dosis de CaO ya que en los tres casos superaron los 2.5 m sobresaliendo ligeramente cuando se aplicaron 7.5 g con 2.8 m, en tratamiento de PT1 más 5 y 7.5 g CaO fue donde se observó el menor tamaño de hijos ya que estos no superaron 1.20 m.

Tabla 8. Efecto de la interacción de inductores y CaO en el comportamiento del banano.

Tratamiento	Producto	CaO g	HPP	HMJI	PPI	NHC	NCaP ppm	PR kg	AH m
1	LA	5	13.00A	9.00A	0.76A	7.1A	31.33A	29.22A^z	2.40A
2	LA	7.5	13.00A	8.33A	0.68A	6.8A	43.00A	26.75A	1.77A
3	LA	15	12.00A	8.00A	0.63A	6.8A	33.67A	28.29A	1.87A
4	PT	5	13.33A	10.00A	0.40A	6.7A	18.00A	22.71A	1.20A
5	PT	7.5	13.33A	10.00A	0.67A	7.0A	32.00A	17.91A	1.20A
6	PT	15	13.00A	9.67A	0.53A	8.0A	26.00A	15.68A	1.33A
7	SA	5	13.67A	9.33A	0.42A	7.7A	36.67A	27.69A	2.77A
8	SA	7.5	12.67A	9.67A	0.45A	7.7A	43.33A	26.26A	2.80A^z
9	SA	15	13.00A	9.67A	0.37A^z	7.5A	29.00A	27.65A	2.66A
10	TT	5	13.67A	9.00A	0.82A	7.3A	41.33A	23.21A	1.37A
11	TT	7.5	13.67A	8.67A	0.87A	7.7A	55.33A	21.44A	1.80A
12	TT	15	13.33A	8.67A	0.72A	7.3A	63.67A^z	24.02A	1.47A
13	GA	5	14.67A^z	10.67A^z	0.52A	7.7A	59.33A	23.00A	1.37A
14	GA	7.5	14.33A	10.33A	0.49A	8.3A^z	48.33A	28.42A	2.53A
15	GA	15	14.00A	10.33A	0.49A	8.1A	60.67A	23.01A	1.43A
DSH ₀₅			3.180	2.876	0.396	2.670	7.035	13.730	1.345
C.V(%)			7.5986	9.7528	21.5679	11.4424	29.4011	18.0017	23.0971

^z Promedios con la misma letra, indican igualdad estadística (**P>0.05**)

IV. CONCLUSIONES

De acuerdo a los resultados obtenidos en esta investigación se llegó a las conclusiones siguientes:

Para las variables número de hojas por planta al parir, hoja más joven infectada y nivel de calcio en el peciolo el mejor comportamiento se observó en el los tratamientos donde se aplicó el AG, mientras que para el promedio ponderado de infección se observó igualdad estadística con el menor grado de infección entre los tratamiento de PT1, AG y AS siendo este último el que menor incidencia reportó, a diferencia del T2 donde se presentaron los niveles más altos de la infección, el AS y LA obtuvieron el mayor peso de racimo siendo los LA ligeramente superiores, en la variable altura del hijo el AS superó a todos los tratamientos con una diferencia de 1.4 m sobre el tratamiento de PT1.

En el tratamiento PT1 se observó un comportamiento favorable en las variables número de hojas por planta al parir, hoja más joven enferma y promedio ponderado de infección, sin embargo, se presentaron los niveles más bajos en las variables nivel del calcio en el peciolo, peso de racimo y altura del hijo, por lo que se puede concluir que esta práctica cultural probablemente afecte la actividad fotosintética en las plantas.

Aunque se observó mayor cantidad de calcio en peciolo en los tratamientos AG y T2 este se conservó en gran medida en las hojas y no se translocó al racimo, mientras que en los tratamientos donde se aplicó el AS y LA el calcio si tuvo influencia positiva en las variables de peso de racimo y tamaño del hijo ya que en estos se observaron los resultados más sobresalientes, por lo que es probable que estos dos inductores influyan en la translocación de calcio al racimo y tenga un efecto sobresaliente en el desarrollo de hijuelos.

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- Arias, P., Danckers, C., Liu, P., & Pilkauskas, P. (2004). La economía mundial del banano 1985-2002. Roma: FAO.
- Ayala , A., Colina , M., Molina , J., Vargas , J., Rincón , D., Medina, J., . . . Cárdenas , H. (2014). Evaluación de la actividad antifúngica del quitosano contra el hongo *Mycosphaerella fijiensis* Morelet que produce la Sigatoka negra que ataca al plátano. *Revista Iberoamericana de Polímeros*, 312-338.
- Azofeifa, D., Martínez, I., Furcal, P., Serrano, E., & Guzmán, M. (2010). Fertilización foliar con Ca, Mg, Zn y B, en banano (*Musa* AAA, CV Naine) efecto sobre la severidad de sigatoka negra, el crecimiento y la producción. *CORBANA (Corporación Bananera Nacional)*, 49-69.
- Beltran Garcia, M. J., Martinez Rodriguez, A., Olmos Arreaga, I., Valdez Salas, B., Chavez Castrillon, Y. Y., Di Mascio , P., & White, J. F. (2021). Probiotic Endophytes for More Sustainable Banana Production. *Microorganisms*, 9, 1805.
- Berumen Varela , G., Ochoa Jimenez, V. A., Báez Zañudo, R., & Gutierrez Martínez , P. (2015). Efecto del ácido salicílico en la inducción de resistencia a *colletotrichum* sp. en frutos de plátano durante postcosecha. *Revista Iberoamericana de Tecnología Postcosecha*, 27-34.
- Campo-Arana, R. O., Vélez-Leiton , S. M., & Barrera-Violeth, J. L. (2020). La Sigatoka negra *Mycosphaerella fijiensis* Morelet, en los cultivos de plátano y banano: una revisión. *Fitopatología Colombiana*, 61-66.
- Canto Canché, B. B. (2012). Innovaciones para el manejo integrado en campo de la Sigatoka negra en México. Aportaciones de la investigación básica. Centro de Investigación Científica de Yucatán, A.C., 13.
- Canto Canché, B., Orozco Santos, M., Martínez Bolaños, L., Manzo Sánchez, G., James Kay, A., Rodríguez García, C., . . . Sandoval Fernández, J. A. (2015). Bananos y plátanos, frente al cambio climático. Hacia dónde va la ciencia en México: Ecosistemas, plagas y cambio climático, 61-77.
- Cigales, M. y. (2011). Variabilidad de suelos y requerimiento hídrico del cultivo de banano en una localidad del Pacífico de México. *Revista de investigación y difusión científica agropecuaria*, 21-31.

- Colque, O. (2017). Rendimiento y calidad de fruta de cuatro clones de banano (*Musa AAA*) en el sub trópico de la Provincia de Formosa, Argentina. ar. Revista de Investigación Agropecuaria y Forestal de Bolivia., 15-21.
- Contreras, M. (1982). Identificación y caracterización de 16 clones de plátano en Tabasco. Chapingo, México: Universidad Autónoma de Chapingo, Dirección de Difusión Cultural, Centro Regional Puyacaten.
- Contreras, M. (2024). Manejo de nutrición, agua y sostenibilidad del banano: La experiencia en Urabá, Colombia. Acorbat Revista de Tecnología y Ciencia, (1)90.
- Cruz-Martín, M., Alvarado-Capó, Y., Sánchez- García, C., Acosta- Suárez, M., Roke, B., & Leiva-Mora, M. (2009). Control in vitro de *Mycosphaerella fijiensis* con bacterias aisladas de la filosfera de banano. Biotecnología Vegetal, 61-64.
- Díaz, A., Cayón , G., & Mira, J. J. (2007). Metabolismo del calcio y su relación con la “mancha de madurez” del fruto de banano. Una revisión. Agronomía Colombiana, 280-287.
- Díaz-Puentes, L. N. (2012). Resistencia sistémica adquirida mediada por el ácido salicílico. Biotecnología en el Sector Agropecuario y Agroindustrial, 257-267.
- Dzib Ek, G., Villanueva Couoh, E., Garruña Hernández, R., Vergara Yoisura, S., & Larquē Saavedra, A. (2021). Efecto del ácido salicílico en la germinación y crecimiento radicular del tomate. Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas, 735-740.
- Estrada Marroquin, L. R. (11 de septiembre de 2017). Diseño de drenajes para la siembra de plátano; empresa Top Green S.A.; Santa Lucía Cotzumalguapa, Escuintla sistematización de práctica profesional. Obtenido de <http://biblio3.url.edu.gt/publijrcifuentes/TESIS/2018/06/17/Estrada-Lusvin.pdf>
- FAOSTAT. (2022). Valor de la Producción Agrícola. Obtenido de <https://www.fao.org/faostat/es/#data/QV>
- Furcal B, P. (Octubre de 2010). Respuesta de la fertilización al suelo en el crecimiento y rendimiento de la primera generación del cultivo de plátano (*Musa AAB*) en la zona de San Carlos, Costa Rica”. Obtenido de file:///C:/Users/Usuario/Desktop/Documentos.%20tesis.%20articulos/nutricion/respuesta_de_fertilizacion_suelo_crecimiento_rendimiento_primera_generacion_cultivo_platano.pdf
- González Cardona, C., Aristizábal Hincapié, J. C., & Aristizábal Loaiza , M. (2009). Evaluación biológica del manejo de picudos y nematodos fitopatógenos en plátano (*Musa AAB*). Acta Agronómica, 260-269.

- Gutierrez , J. A., Villegas , V., Mira, J. J., & Argel, L. E. (20 de Septiembre de 2011). Evaluación de formulaciones de *Bacillus subtilis* para el control biológico de la Sigatoka negra causado por *Mycosphaerella fijiensis*. Obtenido de https://www.researchgate.net/publication/364150178_Evaluacion_de_formulaciones_de_Bacillus_subtilis_para_el_control_biologico_de_la_Sigatoka_negra_causado_por_Mycosphaerella_fijiensis/citation/download
- Guzmán, M. (2012). Control biológico y cultural de la sigatoka negra. *Tropical Plant Pathology*.
- Guzmán, M., Orozco-Santos, M., & Pérez Vicente, L. (9-13 de Septiembre de 2013). Las enfermedad de la sigatoka de hojas de banano: dispersión, impacto y evolución de las estrategias de manejo en América Latina y el Caribe . Obtenido de https://www.researchgate.net/profile/Mauricio-Guzman-2/publication/263199254_Las_enfermedades_de_las_manchas_de_las_hojas_del_banano_dispersion_impacto_y_evolucion_de_las_estrategias_de_manejo_en_America_Latina_y_el_Caribe/links/0f31753a222b846f63000000/L
- Hayam I A, E., Khadiga , A., Amany M M, M., Akihiro, U., Muneera, A., Latifa, A., . . . Alaa M E A, S. (2022). Calcium Lignosulfonate Can Mitigate the Impact of Salt Stress on Growth, Physiological, and Yield Characteristics of Two Barley Cultivars (*Hordeum vulgare* L.). *Agriculture*, 12,1459.
- Ikkonen, E., Yurkevich, M., Kaznina, N., & Krasilnicob, P. (2023). Sodium Lignosulfonate Effect on Physiological Traits of *Cucumis sativus* L. Seedlings. *Agriculture*, 1-16.
- Inestroza, M. (2022). Clasificación de fungicidas y mecanismos de acción. Obtenido de GRUPO CADELGA: <https://grupocadelga.com/vive-tu-tierra/clasificacion-de-fungicidas-y-mecanismos-de-accion>
- INTAGRI. (2018). El Ácido Glutámico en la Bioestimulación de los Cultivos. Obtenido de Serie Nutrición Vegetal Num. 108 Artículos Tecnicos INTAGRI: <https://www.intagri.com/articulos/nutricion-vegetal/el-acido-glutamico-en-la-bioestimulacion-de-los-cultivos>
- INTAGRI. (2018). Manejo de la sigatoka negra en banano. Serie frutales n 48.
- INTAGRI. (2018). Requerimientos de Clima y Suelos para el Cultivo de Bananos. Artículos Técnicos de INTAGRI, Serie Frutales Núm.33., 3p.
- Lara Posadas, S. V., Núñez Sánchez, Á. E., López-Lima, D., & Carrión, G. (2015). Nematodos fitoparásitos asociados a raíces de plátano (*Musa acuminata* AA) en el centro de Veracruz, México. *Revista Mexicana de Fitopatología*, 116-130.

- López-Zapata, S. P., & Castaño-Zapata, J. (2019). Manejo integrado del mal de Panamá [*Fusarium oxysporum* Schlechtend.: Fr. sp. cubense (E.F. SM.) W.C. Snyder & H.N. Hansen]: una revisión. *Revista U.D.C.A Actualidad & Divulgación Científica*.
- Manzo-Sánchez, G., Pérez-Ocón, R., Chan-Cupul, W., Silva-Jiménez, E., Sánchez-Rangel, J. C., Ayala-Zermeño, M. Á., & Galindo-Velasco, E. (2018). Actividad antifúngica de extractos etanólicos de propóleo contra *Mycosphaerella fijiensis*: un estudio in vitro. *Scientia Fungorum*, 13-24.
- Manzo-Sánchez, G., Guzmán-González, S., Rodríguez-García, C. M., James, A., & Orozco-Santos, M. (2005). Biología de *Mycosphaerella fijiensis* Morelet y su Interacción con *Musa* spp. *Revista Mexicana de Fitopatología*, 87-96.
- Manzo-Sánchez, G., Orozco-Santos, M., Islas-Flores, I., Martínez-Bolaños, L., Guzmán-González, A., Leopardi-Verde, C. L., & Canto-Caché, B. (2019). Genetic variability of *Pseudocercospora fijiensis*, the black Sigatoka pathogen of banana (*Musa* spp.) in Mexico. *Plant Pathology*, 513-522.
- Manzo-Sánchez, G., Orozco-Santos, M., Martínez-Bolaños, L., Garrido-Ramírez, E., & Canto-Cache, B. (2014). Enfermedades de importancia cuarentenaria y económica del cultivo de banano (*Musa* sp.) en México. *Revista Mexicana de Fitopatología*.
- Martin Mex, R., Nexticapan Garcéz, Á., Herrera Tuz, R., Vergara Yoisura, S., & Larqué Saavedra, A. (2012). Efecto positivo de aplicaciones de ácido salicílico en la productividad de papaya (*Carica papaya*)*. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 1637-1643.
- Martínez, I., Villalta, R., Soto, E., Murillo, G., & Guzmán, M. (Febrero de 2011). Manejo de la Sigatoka negra en el cultivo del banano. Obtenido de file:///C:/Users/Usuario/Desktop/Documentos.%20tesis.%20articulos/2011-Manejo-de-la-Sigatoka-negra.pdf
- Martínez Mendoza, D. J. (27 de Septiembre de 2021). Efecto de aplicaciones de distintas dosis de óxido de calcio sobre variables agronómicas en el cultivo de banano. Obtenido de file:///C:/Users/Usuario/Desktop/Documentos.%20tesis.%20articulos/nutricion/Tesis%20oxido%20de%20calcio.pdf
- Martínez-Acosta, A. M., Castañeda-Sánchez, D. A., Bornacelly-Horta, H., & Merchánt-Vargas, V. (15 al 20 de Octubre de 2006). La poda temprana, práctica en el manejo integral de la sigatoka negra en banano. Joinville, Santa Catarina, Brasil.

- Mena-Espino, X., & Couoh-Uicab, Y. (2015). Efectos de los plaguicidas utilizados para el control de la Sigatoka negra en plantaciones bananeras en México, así como su efecto en el ambiente y la salud pública. *TECNOCENCIA Chihuahua*, 91-98.
- Mogollón Ortiz, Á., & Castaño Zapata, J. (2011). Efecto de inductores de resistencia en plántulas de plátano dominico hartón (*Musa balbisiana* AAB) contra *Mycosphaerella* spp. *Revista Academia Colombiana de Ciencia*.
- Noar, R. D., Thomas, E., & Daub, M. E. (2022). Genetic Characteristics and Metabolic Interactions between *Pseudocercospora fijiensis* and Banana: Progress toward Controlling Black Sigatoka. *plants*, 1-22.
- Orosco-Santos, M. (2024). Actualidades en el manejo integrado de sigatoka negra en banano. *Acorbat Revista de Tecnología y Ciencia*, (1)81.
- Orozco- Santos , M., Orozco-Romero, J., Pérez-Zamora, O., Manzo-Sánchez, G., Fárias-Larios , J., & da Silva Moraes, W. (2008). Prácticas culturales para el manejo de la Sigatoka negra en bananos y plátanos. *Tropical Plant Pathology*, 189-196.
- Orozco-Santos, M., Karina, G.-M., Manzo-Sánchez, G., Guzmán-González, S., Martínez-Bolaños, L., Garrido-Ramírez, E., . . . Canto-Cache, B. (2013). La sigatoka negra y su manejo integrado. Tecoman, Colima: inifap.
- Osuna García, J., & Vázquez Valdivia, V. (2008). Caracterización postcosecha de cultivares de plátano para consumo en Fresco. *Revista Chapingo Serie Horticultura*, 139-145.
- Pérez Peláez, S. (Junio de 2018). UCLV Universidad Central "Martha Abreu" de Las Villas. Obtenido de FCA Facultad de Ciencias Agropecuarias: file:///C:/Users/Usuario/Desktop/SEMINARIO%20II/Trabajos/Trabajo%20de%20Diplomamado%20acido%20jasmonico.pdf
- Quebedo Guerrero, J., Infante Noblecilla, J. C., & García Batista, R. M. (2018). Efecto del uso predominante de fungicidas sistémicos para el control de sigatoka negra (*Micophaerella fijiensis* Morelet) en el área foliar del banano. *Revista Científica Agroecosistemas*, 128-136.
- Ramírez, C., Castaño, J., Villegas, B., & Aristizábal, M. (2012). efecto de inductores de resistencia sobre las sigatokas negra (*Mycosphaerella fijiensis* morelet) y amarilla (*Mycosphaerella musicola* leach) en plátano. *Revista u.d.c.a actualidad & divulgación Científica*, 363-371.
- Röder, C., Mógor, Á. F., Szilagyi-Zecchin, V. J., Gemin, L. G., & Mógor, G. (2018). Potato yield and metabolic changes by use of biofertilizer containing L-glutamic acid. *Comunicata Scientiae*, 2011-2018.

- Roman Britez, P. A., Rasche Alvarez, J. W., & Fatecha Fois, D. A. (2023). Fertilización nitrogenada y potásica en el cultivo del banano (*Musa paradisiaca* L.) en el Distrito de Guajayvi, Departamento de San Pedro. *Revista Científica de la UCSA*, 3-13.
- Rosales-Manzo, D., García-Díaz, N., Ruiz-Tadeo, A., García-Virgen, J., & Farias-Mendoza, N. (2020). Sistema difuso Takagi-Sugeno para predecir el riesgo de propagación de Sigatoka Negra *Mycosphaerella fijiensis* en el cultivo de plátano. *Revista Internacional de Investigación e Innovación*.
- Serna Rodríguez, J. R., Castro Brindis, R., Colinas León, M. T., Sahagún Castellanos, J., & Rodríguez Pérez, J. E. (2011). Aplicación foliar de ácido glutámico en plantas de jitomate (*Lycopersicon esculentum* Mill.). *Revista Chapingo Serie Horticultura*, 9-13.
- SIAP. (2022). Anuario Estadístico de la Producción Agrícola. Obtenido de <https://nube.siap.gob.mx/cierreagricola/>
- Soares de Freitas, A., Ampélio Pozza, E., A. Pozza, A. A., de O. Soares, M. G., Rocha Silva, H., & Plaza Pérez, C. D. (2017). Interaction between potassium (K) and calcium (Ca) on the severity of Yellow Sigatoka in banana plants. *African Journal of Agricultural Research*, 1353-1361.
- Tang, L., Yang, G., Ma, M., Liu, X., BoLI, Xie, J., . . . Cheng, J. (2020). An effector of a necrotrophic fungal pathogen targets the calcium-sensing receptor in chloroplasts to inhibit host resistance. *Molecular Plant Pathology*, 1-16.
- Terrero Yopez, P. I., Peñaherrera Villafuerte, S. L., Bustamante Gonzalez, A. J., Cedeño García, G. A., Solórzano Alcívar, R. F., & Cedeño García, G. A. (2020). Inducción de resistencia a *Mycosphaerella fijiensis* Morelet y su relación con el rendimiento de plantas de banano (*Musa AAA*) CV. Williams. *ESPAMICIENCIA*, 80-87.
- Valverde Luna, M. E. (2019). "Manejo y prevención de Sigatoka negra (*Mycosphaerella fijiensis*) en el cultivo de banano, en la hacienda Banaloli 1, zona de Babahoyo. Obtenido de <http://dspace.utb.edu.ec/handle/49000/6149>
- Villa Blanquiceth, S. (31 de 10 de 2023). Universidad de Córdoba. Obtenido de <file:///C:/Users/Usuario/Desktop/bibliografia%20para%20discuci%C3%B3n/Altura%20de%20hijuelo%201.pdf>

ANEXOS

A. Análisis estadísticos con programa SAS

```
DATA PLATA1;
INPUT PG PCH REP NHP HMJE PPI HAC PR NCA TH;

PROC GLM;
CLASSES PG PCH REP;
MODEL NHP HMJE PPI HAC PR NCA TH= REP PG REP*PG PCH PG*PCH;
TEST H=REP PG E= REP*PG;
MEANS PG/E= REP*PG;
MEANS PG PCH PG*PCH/TUKEY LINES;
RUN;
```

Sistema SAS 08:19 Thursday, August 12, 2024 19

Procedimiento GLM

Información del nivel de clase

Clase	Niveles	Valores
PG	5	1 2 3 4 5
PCH	3	1 2 3
REP	3	1 2 3
Número de observaciones		45

Sistema SAS 08:19 Thursday, August 12, 2024 20

Procedimiento GLM

Variable dependiente: NHP

Fuente	DF	Suma de cuadrados	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
Modelo	24	27.91111111	1.16296296	1.13	0.3977
Error	20	20.66666667	1.03333333		
Total correcto	44	48.57777778			

R-cuadrado	Coef Var	Raiz MSE	NHP Media
0.574565	7.598647	1.016530	13.37778

Fuente	DF	Tipo I SS	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
REP	2	2.97777778	1.48888889	1.44	0.2603
PG	4	13.91111111	3.47777778	3.37	0.0292
PG*REP	8	6.35555556	0.79444444	0.77	0.6338
PCH	2	2.71111111	1.35555556	1.31	0.2915
PG*PCH	8	1.95555556	0.24444444	0.24	0.9789

Error	20	20.66666667	1.03333333
Total correcto	44	48.57777778	

Tests de hipótesis usando el MS Tipo III para PG*REP como un término de error

Fuente	DF	Tipo III SS	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
REP	2	2.97777778	1.48888889	1.87	0.2150
PG	4	13.91111111	3.47777778	4.38	0.0362

Sistema SAS 08:19 Thursday, August 12, 2024 21

Procedimiento GLM

Variable dependiente: HMJE

Fuente	DF	Suma de cuadrados	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
Modelo	24	38.08888889	1.58703704	1.88	0.0780
Error	20	16.88888889	0.84444444		
Total correcto	44	54.97777778			

R-cuadrado	Coef Var	Raiz MSE	HMJE Media
0.692805	9.752865	0.918937	9.422222

Fuente	DF	Tipo I SS	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
REP	2	1.64444444	0.82222222	0.97	0.3949
PG	4	23.86666667	5.96666667	7.07	0.0010
PG*REP	8	10.13333333	1.26666667	1.50	0.2191
PCH	2	0.84444444	0.42222222	0.50	0.6139
PG*PCH	8	1.60000000	0.20000000	0.24	0.9788

Tests de hipótesis usando el MS Tipo III para PG*REP como un término de error

Fuente	DF	Tipo III SS	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
REP	2	1.64444444	0.82222222	0.65	0.5480
PG	4	23.86666667	5.96666667	4.71	0.0300

Sistema SAS 08:19 Thursday, August 12, 2024 22

Procedimiento GLM

Variable dependiente: PPI

Fuente	DF	Suma de cuadrados	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
Modelo	24	1.35565333	0.05648556	3.52	0.0029
Error	20	0.32117778	0.01605889		
Total correcto	44	1.67683111			

R-cuadrado	Coef Var	Raiz MSE	PPI Media
0.808461	21.56795	0.126724	0.587556

Fuente	DF	Tipo I SS	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
REP	2	0.03493778	0.01746889	1.09	0.3561
PG	4	0.88274222	0.22068556	13.74	<.0001
PG*REP	8	0.25855111	0.03231889	2.01	0.0978
PCH	2	0.04920444	0.02460222	1.53	0.2404
PG*PCH	8	0.13021778	0.01627722	1.01	0.4571

Tests de hipótesis usando el MS Tipo III para PG*REP como un término de error

Fuente	DF	Tipo III SS	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
REP	2	0.03493778	0.01746889	0.54	0.6023
PG	4	0.88274222	0.22068556	6.83	0.0108

Sistema SAS 08:19 Thursday, August 12, 2024 23

Procedimiento GLM

Variable dependiente: HAC

Fuente	DF	Suma de cuadrados	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
Modelo	24	14.85555556	0.61898148	0.85	0.6509
Error	20	14.55555556	0.72777778		
Total correcto	44	29.41111111			

R-cuadrado	Coef Var	Raiz MSE	HAC Media
0.505100	11.44246	0.853099	7.455556

Fuente	DF	Tipo I SS	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
REP	2	0.04444444	0.02222222	0.03	0.9700
PG	4	6.30000000	1.57500000	2.16	0.1103
PG*REP	8	4.40000000	0.55000000	0.76	0.6440
PCH	2	0.57777778	0.28888889	0.40	0.6776
PG*PCH	8	3.53333333	0.44166667	0.61	0.7615

Tests de hipótesis usando el MS Tipo III para PG*REP como un término de error

Fuente	DF	Tipo III SS	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
REP	2	0.04444444	0.02222222	0.04	0.9606
PG	4	6.30000000	1.57500000	2.86	0.0959

Sistema SAS 08:19 Thursday, August 12, 2024 24

Procedimiento GLM

Variable dependiente: PR

Fuente	DF	Suma de cuadrados	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
Modelo	24	856.156467	35.673186	1.86	0.0820
Error	20	384.357111	19.217856		
Total correcto	44	1240.513578			

R-cuadrado	Coef Var	Raiz MSE	PR Media
0.690163	18.00171	4.383817	24.35222

Fuente	DF	Tipo I SS	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
REP	2	13.9877378	6.9938689	0.36	0.6995
PG	4	500.4100889	125.1025222	6.51	0.0016
PG*REP	8	181.7088178	22.7136022	1.18	0.3573
PCH	2	16.3059511	8.1529756	0.42	0.6600
PG*PCH	8	143.7438711	17.9679839	0.93	0.5102

Tests de hipótesis usando el MS Tipo III para PG*REP como un término de error

Fuente	DF	Tipo III SS	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
REP	2	13.9877378	6.9938689	0.31	0.7433
PG	4	500.4100889	125.1025222	5.51	0.0198

Sistema SAS 08:19 Thursday, August 12, 2024 25

Procedimiento GLM

Variable dependiente: NCA

Fuente	DF	Suma de cuadrados	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
Modelo	24	11973.55556	498.89815	3.36	0.0039
Error	20	2969.55556	148.47778		
Total correcto	44	14943.11111			

R-cuadrado	Coef Var	Raiz MSE	NCA Media
0.801276	29.40116	12.18515	41.44444

Fuente	DF	Tipo I SS	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
REP	2	174.444444	87.222222	0.59	0.5651
PG	4	6070.000000	1517.500000	10.22	0.0001
PG*REP	8	3856.666667	482.083333	3.25	0.0155
PCH	2	404.577778	202.288889	1.36	0.2788
PG*PCH	8	1467.866667	183.483333	1.24	0.3295

Tests de hipótesis usando el MS Tipo III para PG*REP como un término de error

Fuente	DF	Tipo III SS	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
REP	2	174.444444	87.222222	0.18	0.8378
PG	4	6070.000000	1517.500000	3.15	0.0785
Sistema SAS 08:19 Thursday, August 12, 2024 26					

Procedimiento GLM

Variable dependiente: TH

Fuente	DF	Suma de cuadrados	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
Modelo	24	19.71422222	0.82142593	4.43	0.0006
Error	20	3.70888889	0.18544444		
Total correcto	44	23.42311111			

R-cuadrado	Coef Var	Raiz MSE	TH Media
0.841657	23.09710	0.430633	1.864444

Fuente	DF	Tipo I SS	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
REP	2	1.55911111	0.77955556	4.20	0.0299
PG	4	11.61200000	2.90300000	15.65	<.0001
PG*REP	8	2.89866667	0.36233333	1.95	0.1073
PCH	2	0.57777778	0.28888889	1.56	0.2351
PG*PCH	8	3.06666667	0.38333333	2.07	0.0898

Tests de hipótesis usando el MS Tipo III para PG*REP como un término de error

Fuente	DF	Tipo III SS	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
REP	2	1.55911111	0.77955556	2.15	0.1788
PG	4	11.61200000	2.90300000	8.01	0.0067
Sistema SAS 08:19 Thursday, August 12, 2024 27					

Procedimiento GLM

Nivel de PG	N	Media	Dev std	Media	Dev std	Media	Dev std
1	9	12.6666667	0.86602540	8.4444444	0.52704628	0.69111111	0.12839825
2	9	13.2222222	0.83333333	9.8888889	0.78173596	0.53222222	0.20431457
3	9	13.1111111	1.05409255	9.5555556	1.01379376	0.41333333	0.07433034
4	9	13.5555556	0.88191710	8.7777778	0.97182532	0.80222222	0.17159384
5	9	14.3333333	1.00000000	10.4444444	1.01379376	0.49888889	0.07785314

Nivel de PG	N	Media	Dev std	Media	Dev std	Media	Dev std
1	9	6.94444444	0.30046261	28.0888889	5.71141279	36.0000000	18.4119526
2	9	7.22222222	1.39443338	18.7688889	5.11267896	25.3333333	14.8070929
3	9	7.61111111	0.48591266	27.2000000	1.57573792	36.3333333	14.8576580
4	9	7.44444444	0.52704628	22.8888889	4.15010375	53.4444444	10.9671226
5	9	8.05555556	0.58333333	24.8144444	3.74791979	56.1111111	14.4865838

Nivel de PG	N	Media	Dev std
1	9	2.01111111	0.54185894
2	9	1.24444444	0.21858128

3	9	2.74444444	0.45856055
4	9	1.54444444	0.60023144
5	9	1.77777778	0.75129518

Sistema SAS 08:19 Thursday, August 12, 2024 28

Procedimiento GLM

Prueba del rango estudentizado de Tukey (HSD) para NHP

NOTA: Este test controla el índice de error experimentwise de tipo I, pero normalmente tiene un índice de error de tipo II más elevado que REGWQ.

Alfa	0.05
Error de grados de libertad	20
Error de cuadrado medio	1.033333
Valor crítico del rango estudentizado	4.23186
Diferencia significativa mínima	1.4339

Medias con la misma letra no son significativamente diferentes.

Tukey Agrupamiento	Media	N	PG
A	14.3333	9	5
B A	13.5556	9	4
B A	13.2222	9	2
B A	13.1111	9	3
B	12.6667	9	1

Sistema SAS 08:19 Thursday, August 12, 2024 29

Procedimiento GLM

Prueba del rango estudentizado de Tukey (HSD) para HMJE

NOTA: Este test controla el índice de error experimentwise de tipo I, pero normalmente tiene un índice de error de tipo II más elevado que REGWQ.

Alfa	0.05
Error de grados de libertad	20
Error de cuadrado medio	0.844444
Valor crítico del rango estudentizado	4.23186
Diferencia significativa mínima	1.2963

Medias con la misma letra no son significativamente diferentes.

Tukey Agrupamiento	Media	N	PG
A	10.4444	9	5
B A	9.8889	9	2
B A C	9.5556	9	3
B C	8.7778	9	4
C	8.4444	9	1

Procedimiento GLM

Prueba del rango estudentizado de Tukey (HSD) para **PPI**

NOTA: Este test controla el índice de error experimentwise de tipo I, pero normalmente tiene un índice de error de tipo II más elevado que REGWQ.

Alfa	0.05
Error de grados de libertad	20
Error de cuadrado medio	0.016059
Valor crítico del rango estudentizado	4.23186
Diferencia significativa mínima	0.1788

Medias con la misma letra no son significativamente diferentes.

Tukey Agrupamiento		Media	N	PG
	A	0.80222	9	4
B	A	0.69111	9	1
B	C	0.53222	9	2
	C	0.49889	9	5
	C	0.41333	9	3

Procedimiento GLM

Prueba del rango estudentizado de Tukey (HSD) para **HAC**

NOTA: Este test controla el índice de error experimentwise de tipo I, pero normalmente tiene un índice de error de tipo II más elevado que REGWQ.

Alfa	0.05
Error de grados de libertad	20
Error de cuadrado medio	0.727778
Valor crítico del rango estudentizado	4.23186
Diferencia significativa mínima	1.2034

Medias con la misma letra no son significativamente diferentes.

Tukey Agrupamiento		Media	N	PG
	A	8.0556	9	5
	A	7.6111	9	3
	A	7.4444	9	4
	A	7.2222	9	2
	A	6.9444	9	1

Procedimiento GLM

Prueba del rango estudentizado de Tukey (HSD) para PR

NOTA: Este test controla el índice de error experimentwise de tipo I, pero normalmente tiene un índice de error de tipo II más elevado que REGWQ.

Alfa	0.05
Error de grados de libertad	20
Error de cuadrado medio	19.21786
Valor crítico del rango estudentizado	4.23186
Diferencia significativa mínima	6.1839

Medias con la misma letra no son significativamente diferentes.

Tukey Agrupamiento	Media	N	PG
A	28.089	9	1
A	27.200	9	3
B A	24.814	9	5
B A	22.889	9	4
B	18.769	9	2

Sistema SAS 08:19 Thursday, August 12, 2024 33

Procedimiento GLM

Prueba del rango estudentizado de Tukey (HSD) para NCA

NOTA: Este test controla el índice de error experimentwise de tipo I, pero normalmente tiene un índice de error de tipo II más elevado que REGWQ.

Alfa	0.05
Error de grados de libertad	20
Error de cuadrado medio	148.4778
Valor crítico del rango estudentizado	4.23186
Diferencia significativa mínima	17.189

Medias con la misma letra no son significativamente diferentes.

Tukey Agrupamiento	Media	N	PG
A	56.111	9	5
A	53.444	9	4
B C	36.333	9	3
C	36.000	9	1
C	25.333	9	2

Sistema SAS 08:19 Thursday, August 12, 2024 34

Procedimiento GLM

Prueba del rango estudentizado de Tukey (HSD) para TH

NOTA: Este test controla el índice de error experimentwise de tipo I, pero normalmente tiene un índice de error de tipo II más elevado que REGWQ.

Alfa	0.05
Error de grados de libertad	20
Error de cuadrado medio	0.185444
Valor crítico del rango estudentizado	4.23186
Diferencia significativa mínima	0.6075

Medias con la misma letra no son significativamente diferentes.

Tukey Agrupamiento	Media	N	PG
A	2.7444	9	3
B	2.0111	9	1
C B	1.7778	9	5
C B	1.5444	9	4
C	1.2444	9	2

Sistema SAS 08:19 Thursday, August 12, 2024 35

Procedimiento GLM

Prueba del rango estudentizado de Tukey (HSD) para NHP

NOTA: Este test controla el índice de error experimentwise de tipo I, pero normalmente tiene un índice de error de tipo II más elevado que REGWQ.

Alfa	0.05
Error de grados de libertad	20
Error de cuadrado medio	1.033333
Valor crítico del rango estudentizado	3.57794
Diferencia significativa mínima	0.9391

Medias con la misma letra no son significativamente diferentes.

Tukey Agrupamiento	Media	N	PCH
A	13.6667	15	1
A	13.4000	15	2
A	13.0667	15	3

Sistema SAS 08:19 Thursday, August 12, 2024 36

Procedimiento GLM

Prueba del rango estudentizado de Tukey (HSD) para **HMJE**

NOTA: Este test controla el índice de error experimentwise de tipo I, pero normalmente tiene un índice de error de tipo II más elevado que REGWQ.

Alfa	0.05
Error de grados de libertad	20
Error de cuadrado medio	0.844444
Valor crítico del rango estudentizado	3.57794
Diferencia significativa mínima	0.8489

Medias con la misma letra no son significativamente diferentes.

Tukey Agrupamiento	Media	N	PCH
A	9.6000	15	1
A	9.4000	15	2
A	9.2667	15	3

Sistema SAS 08:19 Thursday, August 12, 2024 37

Procedimiento GLM

Prueba del rango estudentizado de Tukey (HSD) para **PPI**

NOTA: Este test controla el índice de error experimentwise de tipo I, pero normalmente tiene un índice de error de tipo II más elevado que REGWQ.

Alfa	0.05
Error de grados de libertad	20
Error de cuadrado medio	0.016059
Valor crítico del rango estudentizado	3.57794
Diferencia significativa mínima	0.1171

Medias con la misma letra no son significativamente diferentes.

Tukey Agrupamiento	Media	N	PCH
A	0.63000	15	2
A	0.58333	15	1
A	0.54933	15	3

Sistema SAS 08:19 Thursday, August 12, 2024 38

Procedimiento GLM

Prueba del rango estudentizado de Tukey (HSD) para HAC

NOTA: Este test controla el índice de error experimentwise de tipo I, pero normalmente tiene un índice de error de tipo II más elevado que REGWQ.

Alfa	0.05
Error de grados de libertad	20
Error de cuadrado medio	0.727778
Valor crítico del rango estudentizado	3.57794
Diferencia significativa mínima	0.7881

Medias con la misma letra no son significativamente diferentes.

Tukey Agrupamiento	Media	N	PCH
A	7.5667	15	3
A	7.5000	15	2
A	7.3000	15	1

Sistema SAS 08:19 Thursday, August 12, 2024 39

Procedimiento GLM

Prueba del rango estudentizado de Tukey (HSD) para PR

NOTA: Este test controla el índice de error experimentwise de tipo I, pero normalmente tiene un índice de error de tipo II más elevado que REGWQ.

Alfa	0.05
Error de grados de libertad	20
Error de cuadrado medio	19.21786
Valor crítico del rango estudentizado	3.57794
Diferencia significativa mínima	4.0499

Medias con la misma letra no son significativamente diferentes.

Tukey Agrupamiento	Media	N	PCH
A	25.167	15	1
A	24.157	15	2
A	23.732	15	3

Sistema SAS 08:19 Thursday, August 12, 2024 40

Procedimiento GLM

Prueba del rango estudentizado de Tukey (HSD) para **NCA**

NOTA: Este test controla el índice de error experimentwise de tipo I, pero normalmente tiene un índice de error de tipo II más elevado que REGWQ.

Alfa	0.05
Error de grados de libertad	20
Error de cuadrado medio	148.4778
Valor crítico del rango estudentizado	3.57794
Diferencia significativa mínima	11.257

Medias con la misma letra no son significativamente diferentes.

Tukey Agrupamiento	Media	N	PCH
A	44.400	15	2
A	42.600	15	3
A	37.333	15	1

Sistema SAS 08:19 Thursday, August 12, 2024 41

Procedimiento GLM

Prueba del rango estudentizado de Tukey (HSD) para **TH**

NOTA: Este test controla el índice de error experimentwise de tipo I, pero normalmente tiene un índice de error de tipo II más elevado que REGWQ.

Alfa	0.05
Error de grados de libertad	20
Error de cuadrado medio	0.185444
Valor crítico del rango estudentizado	3.57794
Diferencia significativa mínima	0.3978

Medias con la misma letra no son significativamente diferentes.

Tukey Agrupamiento	Media	N	PCH
A	2.0200	15	2
A	1.8200	15	1
A	1.7533	15	3

Sistema SAS 08:19 Thursday, August 12, 2024 42

Procedimiento GLM

Nivel de		Nivel de		-----NHP-----		-----HMJE-----		-----PPI-----	
PG	PCH	N	Media	Dev std	Media	Dev std	Media	Dev std	
1	1	3	13.0000000	1.00000000	9.0000000	0.00000000	0.76000000	0.17088007	
1	2	3	13.0000000	0.00000000	8.3333333	0.57735027	0.68333333	0.13279056	
1	3	3	12.0000000	1.00000000	8.0000000	0.00000000	0.63000000	0.07937254	
2	1	3	13.3333333	1.15470054	10.0000000	1.00000000	0.39666667	0.30827477	
2	2	3	13.3333333	0.57735027	10.0000000	0.00000000	0.66666667	0.12662280	
2	3	3	13.0000000	1.00000000	9.6666667	1.15470054	0.53333333	0.03511885	
3	1	3	13.6666667	1.52752523	9.3333333	0.57735027	0.42333333	0.10066446	
3	2	3	12.6666667	0.57735027	9.6666667	1.15470054	0.44666667	0.07234178	
3	3	3	13.0000000	1.00000000	9.6666667	1.52752523	0.37000000	0.04582576	
4	1	3	13.6666667	1.52752523	9.0000000	1.00000000	0.82000000	0.17088007	
4	2	3	13.6666667	0.57735027	8.6666667	1.15470054	0.86666667	0.26539279	
4	3	3	13.3333333	0.57735027	8.6666667	1.15470054	0.72000000	0.03605551	
5	1	3	14.6666667	0.57735027	10.6666667	1.15470054	0.51666667	0.10408330	
5	2	3	14.3333333	1.52752523	10.3333333	1.52752523	0.48666667	0.09291573	
5	3	3	14.0000000	1.00000000	10.3333333	0.57735027	0.49333333	0.06350853	

Nivel de		Nivel de		-----HAC-----		-----PR-----		-----NCA-----	
PG	PCH	N	Media	Dev std	Media	Dev std	Media	Dev std	
1	1	3	7.16666667	0.28867513	29.22333333	5.72402248	31.33333333	21.5019379	
1	2	3	6.83333333	0.28867513	26.75000000	8.30247553	43.00000000	19.9749844	
1	3	3	6.83333333	0.28867513	28.29333333	4.90951457	33.66666667	19.5021366	
2	1	3	6.66666667	0.57735027	22.71666667	4.43795373	18.00000000	2.6457513	
2	2	3	7.00000000	1.73205081	17.91333333	5.72466011	32.00000000	24.2693222	
2	3	3	8.00000000	1.73205081	15.67666667	3.64316255	26.00000000	11.5325626	
3	1	3	7.66666667	0.57735027	27.68666667	1.21779856	36.66666667	15.0111070	
3	2	3	7.66666667	0.57735027	26.26333333	1.94567041	43.33333333	19.0875177	
3	3	3	7.50000000	0.50000000	27.65000000	1.63954262	29.00000000	11.7898261	
4	1	3	7.33333333	0.57735027	23.20666667	0.45610671	41.33333333	8.1445278	
4	2	3	7.66666667	0.57735027	21.43666667	1.76896392	55.33333333	4.0414519	
4	3	3	7.33333333	0.57735027	24.02333333	7.76600498	63.66666667	4.0414519	
5	1	3	7.66666667	0.57735027	23.00333333	0.90290273	59.33333333	17.1561456	
5	2	3	8.33333333	0.76376262	28.42333333	5.09519708	48.33333333	12.8970281	
5	3	3	8.16666667	0.28867513	23.01666667	0.32715949	60.66666667	15.5349069	

Nivel de PG	Nivel de PCH	N	Media	Dev std
1	1	3	2.40000000	0.40000000
1	2	3	1.76666667	0.68068593
1	3	3	1.86666667	0.45092498
2	1	3	1.20000000	0.00000000

Sistema SAS

08:19 Thursday, August 12, 2024 43

Procedimiento GLM

Nivel de		Nivel de		-----TH-----	
PG	PCH	N	Media	Dev std	
4	2	3	1.80000000	0.79372539	
4	3	3	1.46666667	0.50332230	
5	1	3	1.36666667	0.56862407	
5	2	3	2.53333333	0.63508530	
5	3	3	1.43333333	0.49328829	

B. Constancias de presentación en congresos



SOCIEDAD MEXICANA DE FITOGENÉTICA, A. C.
INIFAP-TECNOLÓGICO DE ROQUE



Otorgan a:

J. De Jesús Juvenal Torres Magaña

a presente CONSTANCIA DE PRESENTACIÓN ORAL del trabajo

**"IMPLEMENTACIÓN DE ACTIVIDADES ESTRATEGIAS PARA EL CONTROL DE
Pseudocercospora fijiensis EN BANANO"**

J. De Jesús Juvenal Torres Magaña, Martha Elena Arroyo Valdes, José Eduardo Yépez Torres
en la

**XXIX Congreso Nacional y
IX Internacional de Fitogenética**

Que fue llevada a cabo los días
15, 16, 17 y 18 de octubre en Celaya, Guanajuato, México.



Dr. Ricardo Lobato Ortiz
Presidente 2023-2024
Sociedad Mexicana de Fitogenética, A.C.





Dr. Jonathan Hernández Ramos
Secretario Organizador
Instituto Nacional de Investigaciones
Forestales, Agrícolas y Pecuarias



SOCIEDAD MEXICANA DE FITOGENÉTICA, A. C.
INIFAP - INSTITUTO TECNOLÓGICO DE ROQUE
AGRICULTURA **inifap** Instituto Tecnológico de
Roque



Otorgan a:

J. de Jesús Juvenal Torres Magaña

La presente Constancia por su participación con el trabajo titulado:

**Implementación de actividades estrategias para el control de *Pseudocercospora fijiensis*
en banano**

Autores:

L. de Jesús Juvenal Torres Magaña, Martha Elena Arroyo Valdés y José Eduardo Velázquez Torres

Presentado en el

**XXIX Congreso Nacional y
IX Internacional de Fitogenética**

"La plasmidad de las especies vegetales, clave para la adaptación ante el cambio climático"

Durante a cabo los días

15 al 18 de octubre de 2014, en Celery, Guanajuato, México


Dr. Ricardo Amato Orellana
Representante por INIFAP
Instituto Tecnológico de Roque, A.C.


Dr. Juanita Virel Rodríguez
Secretaría de Investigación
Instituto Tecnológico de Roque
Investigación, Agronomía y Producción



EDUCACIÓN
SECRETARÍA DE EDUCACIÓN PÚBLICA



TECNOLÓGICO
NACIONAL DE MÉXICO

**EL TECNOLÓGICO NACIONAL DE MÉXICO
A TRAVÉS DEL INSTITUTO TECNOLÓGICO SUPERIOR DE LOS REYES
OTORGA LA PRESENTE
CONSTANCIA**

A

Ing. J. de Jesús Juvenal Torres Magaña, M.C Martha Elena Arroyo Valdés

POR SU VALIOSA PARTICIPACIÓN Y PONENCIA DEL CARTEL
"EFECTO DE PODA TEMPRANA, CALCIO Y ÁCIDO SALICÍLICO EN LA INCIDENCIA
DE MYCOSPHAERELLA FUIENSIS EN "MUSA CAVENDISH AAA", EN EL CIENTEC
"PRIMER EVENTO DE DIFUSIÓN DE LA CIENCIA E INNOVACIÓN TECNOLÓGICA", CONTRIBUYENDO
CON ELLO AL CRECIMIENTO Y FORTALECIMIENTO DEL TECNOLÓGICO DE LOS REYES.

LOS REYES DE SALGADO, MICHOACÁN, 8 Y 9 DE DICIEMBRE 2022

HUGO VALDEZ VARGAS
DIRECTOR GENERAL



INSTITUTO TECNOLÓGICO
SUPERIOR DE LOS REYES
CLAVE: MEXR0004
CARRANZA ALTA GUAYMALANCO
DEL GOBIERNO DEL ESTADO DE MICHOACÁN





EDUCACIÓN
SECRETARÍA DE EDUCACIÓN PÚBLICA



TECNOLÓGICO
NACIONAL DE MÉXICO

**EL TECNOLÓGICO NACIONAL DE MÉXICO
A TRAVÉS DEL INSTITUTO TECNOLÓGICO SUPERIOR DE LOS REYES**

OTORGA EL PRESENTE
RECONOCIMIENTO

A

ING. JESÚS JUVENAL TORRES MAGAÑA

POR HABER IMPARTIDO EXITOSAMENTE LA PONENCIA:
"SIGATOKA NEGRA EN EL CULTIVO DEL PLÁTANO",
EN LA PRIMER FERIA ANUAL DE FITOPATOLOGÍA,
CONTRIBUYENDO CON ELLO AL CRECIMIENTO Y FORTALECIMIENTO
DEL TECNOLÓGICO DE LOS REYES.

LOS REYES DE SALGADO, MICHOACÁN, 30 DE NOVIEMBRE DEL 2022.

MTRO. HUGO VALDEZ VARGAS
DIRECTOR GENERAL



INSTITUTO TECNOLÓGICO
SUPERIOR DE LOS REYES
CLAVE: MTED0000
INSTITUTO TECNOLÓGICO NACIONAL DE MÉXICO
CALLE TALLERES DEL ESTADO DE MICHOACÁN





EDUCACIÓN
SECRETARÍA DE EDUCACIÓN PÚBLICA



TECNOLÓGICO
NACIONAL DE MÉXICO

**EL TECNOLÓGICO NACIONAL DE MÉXICO
A TRAVÉS DEL INSTITUTO TECNOLÓGICO SUPERIOR DE LOS REYES
OTORGA LA PRESENTE
CONSTANCIA**

A

J. DE JESÚS JUVENAL TORRES MAGAÑA

POR HABER IMPARTIDO SATISFACTORIAMENTE LA PONENCIA
"ESTRATEGIAS INNOVADORAS "PODA, CALCIO E INDUCTORES DE RESISTENCIA PARA
PROTEGER LOS BANANOS CAVENDISH AAA, CONTRA MICROSPHARAELLA FIDIENSIS" DENTRO DEL
MARCO DEL PRIMER CONGRESO INTERNACIONAL EN INNOVACIÓN TECNOLÓGICA Y EL
TERCER CONGRESO NACIONAL DE INNOVACIÓN AGRÍCOLA, CONTRIBUYENDO
CON ELLO AL CRECIMIENTO Y FORTALECIMIENTO
DEL TECNOLÓGICO DE LOS REYES.

LOS REYES DE SALCADO, MICHOACÁN, A 24 DE MAYO DE 2024.


SEFERINO MAGALLÁN CAMARENA
DIRECTOR GENERAL


INSTITUTO TECNOLÓGICO
SUPERIOR DE LOS REYES
AVE. TERTIQUEN
MICHOLAN DE LOS REYES, MICHOACÁN DE
GUAYAN





J. de Jesús Juvenal Torres-Magaña, Martha Elena Arroyo-Valdes, José Eduardo Yépez-Torres.

Me complace informarles que su trabajo titulado:

**Estrategias y aplicación de inductores de resistencia para el control de
Pseudocercospora fijiensis en banano “*Musa Cavendish AAA*”**

fue revisado por el Comité Científico y se ha dictaminado ser **ACEPTADO** para su presentación en la modalidad **ORAL** en el **VII Simposio Nacional de Herramientas de Biotecnología para una Agricultura Sustentable**, el cual se celebrará del 18 al 20 de junio de 2025 en la Biblioteca de Ciencias “Lic. Miguel de la Madrid Hurtado” de la Universidad de Colima en la ciudad de Colima, Colima.

Atentamente
Tecomán, Colima a 02 de junio de 2025



Dr. Gilberto Manzo Sánchez
Comité Organizador