



# EFFECTOS DE FOSFITOS DE CALCIO SOBRE SIGATOKA NEGRA (*Pseudocercospora fijiensis*), Y VARIABLES DE CRECIMIENTO Y PRODUCCIÓN EN BANANO, EN LA ZONA BANANERA DEL DEPARTAMENTO DEL MAGDALENA

**JAIR EDUARDO CERPA CAMPANELLA**

## **Universidad Magdalena**

Facultad de Ingeniería  
Maestría En Ciencias Agrarias  
Santa Marta, Colombia  
2022



**EFFECTOS DE FOSFITOS DE CALCIO SOBRE SIGATOKA  
NEGRA (*Pseudocercospora fijiensis*), Y VARIABLES DE  
CRECIMIENTO Y PRODUCCIÓN EN BANANO, EN LA  
ZONA BANANERA DEL DEPARTAMENTO DEL  
MAGDALENA**

**JAIR EDUARDO CERPA CAMPANELLA**

Trabajo presentado como requisito parcial para optar al título de:  
**Magister En Ciencias Agrarias.**

Director (a):

Alberto R. Páez Redondo M.Sc. Fitopatología, PhD (c) Ciencias Agrarias. Docente TC  
Ingeniería Agronómica – Universidad del Magdalena

Línea de Investigación:

Producción Sostenible de Cultivos

Universidad del Magdalena  
Facultad de Ingeniería  
Maestría En Ciencias Agrarias  
Santa Marta, Colombia

2022

---

# Nota de aceptación:

Aprobado por el Consejo de Programa en cumplimiento de los requisitos exigidos por el Acuerdo Superior N° 11 de 2017 y Acuerdo Académico N° 41 de 2017 para optar al título de (escriba el nombre del Programa)

---

**Jurado**

---

**Jurado**

Santa Marta, \_\_\_\_ de \_\_\_\_ de \_\_\_\_\_

*“Dedico este trabajo de investigación a mis padres, a mi esposa, mi hija, mis hermanos y mi familia que son pilar importante en mi crecimiento profesional”*

---

# Agradecimientos

A Dios por darme la vida, permitirme culminar este proyecto de grado y por darme la sabiduría y el entendimiento necesario para llevar a cabo esta investigación.

A mis padres Hilda Campanella, Ramiro Cerpa y Ermides Cerpa, y mi esposa Liceth Cervantes y mi hijo por ser el motor y el apoyo incondicional durante toda mi vida. Mis familiares los cuales fueron un pilar importante en mi formación como persona y siempre estuvieron ahí ayudándome a salir adelante.

A la compañía Microfertisa SAS por brindarme el apoyo en el uso de sus productos y equipos para llevar a cabo la investigación. A finca Corona en cabeza de la estudiante de agronomía Leidys Bosa y todo su equipo de trabajo, por brindarme sus instalaciones y su equipo humano que fueron pilar importante en el desarrollo de la investigación en campo.

A la Universidad del Magdalena y su excelente planta de docentes en la maestría, los cuales fueron un pilar importante en mi formación como Magíster.

A mi profesor y tutor Alberto Páez Redondo, por brindarme la confianza y la oportunidad de realizar esta investigación, por su tiempo, su paciencia durante este proyecto y porque además de ser una excelente profesional, es una persona admirable.



## Resumen

El banano es uno de los cultivos de mayor importancia en Colombia y en la costa norte del país, su productividad es limitada por la sigatoka negra, causada por el hongo *Pseudocercospora fijiensis*, pues representa entre el 30 y el 40% de los costos de producción. Con el fin de buscar una alternativa de manejo a la enfermedad, se evaluó el efecto de la inyección de fosfitos de calcio, sobre la incidencia y severidad de *P. fijiensis* y variables de crecimiento y producción del cultivo. El experimento se llevó a cabo en la finca Corona, ubicada en el corregimiento de Rio Frio, Zona Bananera, y se compararon dos tratamientos, T1: manejo convencional + fosfito y Testigo: manejo convencional sin fosfito, cada uno con 20 repeticiones, en un diseño completamente aleatorizado a una vía de clasificación. El producto se aplicó en el pseudotallo de la planta cosechada a la altura de un metro adicionando 2 cm<sup>3</sup> del fosfito diluido en agua en un volumen de 100 cm<sup>3</sup> /planta. Se evaluó índice de severidad con la escala Stover modificada por Gahul (1989) con las variables promedio ponderado de infección (PPI) y hoja más joven enferma (HMJE); las variables vegetativas evaluadas fueron altura de la madre (m), diámetro de la madre (cm), altura del hijo próximo a cosechar (m), hojas a parición y hojas a cosecha; en variables productivas se evaluó tiempo de parición (semanas), número de manos, peso bruto(kg) y peso neto(kg) del racimo. Se realizó ANOVA siguiendo un modelo con efectos mixtos y la prueba de Tukey. La aplicación del Fitokal-B® redujo significativamente ( $p < 0,01$ ) las variables PPI, HMJE, incidencia y severidad de la Sigatoka negra, e influyó positivamente en la altura, diámetro, número de hojas y peso del racimo de las plantas evaluadas. Por lo anterior, se concluye que los fosfitos de calcio tienen un efecto directo en la activación de defensas de las plantas y esto reduce la expresión de Sigatoka e induce el crecimiento y aumenta la producción del banano.

**Palabras Claves:** Fitokal-B®, Inductores de resistencia, inyección, Musáceas, hongos fitopatógenos.

# Abstract

Banana is one of the most important crops in Colombia and on the north coast of the country, its productivity is limited by black Sigatoka, caused by the fungus *Pseudocercospora fijiensis*, then, it represents between 30 and 40% of production costs. In order to find an alternative for disease management, the effect of calcium phosphite injection on the incidence and severity of *P. fijiensis* and variables of growth and production of the crop was evaluated. The experiment was carried out in the Corona farm, located in the district of Rio Frio, Banana Zone, and were compared two treatments, T1: conventional management + phosphite and Witness: conventional management without phosphite, each one with twenty repetitions, in a design completely randomized to a classification route. The product was applied to the pseudostem of the harvested plant at a height of one meter; adding two cm<sup>3</sup> of the phosphite diluted in water in a volume of 100 cm<sup>3</sup> /plant. The severity index was evaluated with the Stover scale modified by Gahul (1989) with the variables weighted average of infection (PPI) and youngest diseased leaf (HMJE); the vegetative variables evaluated were height of the mother (m), diameter (cm), height of the next offspring (m), leaves at calving (#) and leaves at harvest (#); in productive variables calving time (weeks), number of hands (#), gross weight (kg) and net weight of the bunch (kg). It was performed ANOVA following a model with mixed effects and Tukey's test. The application of Fitokal-B® significantly reduced ( $p < 0.01$ ) the variables PPI, HMJE, incidence and severity of black Sigatoka and positively influenced the height, diameter, number of leaves and bunch weight of the evaluated plants. Therefore, it is concluded that the calcium phosphites have a direct effect on the activation of plant defenses and this reduces the expression of Sigatoka and induces growth and increases the production banana.

**Keywords:** Fitokal-B®, Resistance inducers, injection, Musaceae, phytopathogenic fungi.

---

# Contenido

	Pág.
Resumen .....	VII
Contenido.....	IX
Lista de figuras .....	X
Lista de tablas.....	XI
Introducción.....	1
Capítulo 1: Efectos de fosfitos de calcio sobre la expresión de la Sigatoka negra ( <i>Pseudocercospora fijiensis</i> ) en unidades productivas de banano.....	5
Capítulo 2: Efectos de fosfitos de calcio sobre el crecimiento y producción del cultivo de banano .....	25
3. Conclusiones .....	45
A. Anexo: Datos recolectados de PPI y HMJE para tratamiento con fosfito de calcio y testigo sin aplicación. ....	47
B. Anexo: Datos de variables vegetativas y productivas.....	49
C. Anexo: Ilustraciones de la investigación.....	51
D. Anexo: Relación Costo/Beneficio.....	53
E. Anexo: Análisis de Suelos y Foliaves.....	55

# Lista de figuras

	<b>Pág.</b>
<b>Figura 1.</b> Ubicación de la finca Corona. ....	9
<b>Figura 2.</b> Método utilizado para la aplicación del fosfito de calcio al pseudotallo de la planta cosechada. A. Fotografía realizada el orificio con el sacabocado en la planta cosechada. B. Fotografía de la aplicación del Fitokal-B® con la bomba dosificadora..	11
<b>Figura 3.</b> Formato de Evaluación del promedio ponderado de infección para Sigatoka negra.....	13
<b>Figura 4.</b> Comportamiento del Promedio Ponderado de Infección en el tiempo (semanas). ....	15
<b>Figura 5.</b> Comportamiento de la Hoja Más Joven Enferma en función del tiempo (semanas). ....	16
<b>Figura 6.</b> Promedio de altura del hijo o R1.....	30
<b>Figura 7.</b> Altura promedio del retorno a cosecha. ....	31
<b>Figura 8.</b> Promedio para el diámetro del pseudotallo. ....	32
<b>Figura 9.</b> Promedio del número de hojas a parición y a cosecha. ....	33
<b>Figura 10.</b> Promedio del número de semanas para la emisión de la bacota. ....	34
<b>Figura 11.</b> Promedio para el número de manos por racimo. ....	35
<b>Figura 12.</b> Promedio del peso bruto y peso neto de la fruta.....	36

---

## Lista de tablas

	Pág.
<b>Tabla 1.</b> Composición química del fosfito de Calcio.....	10
<b>Tabla 2.</b> Control Químico utilizado en la finca para manejo de Sigatoka negra. ....	11
<b>Tabla 3.</b> Grados de la escala de Stover modificada por Gauhl para evaluación de daño causado por sigatoka negra en cultivos de banano. ....	12
<b>Tabla 4.</b> Resultados del Análisis de Varianza del Modelo PPI y HMJE.....	14
<b>Tabla 5.</b> Valores de las medias y de la prueba de Tukey para las variables PPI y HMJE.....	14
<b>Tabla 6.</b> Plan de Fertilización edáfico aplicado en el área estudiada. ....	27
<b>Tabla 7.</b> Plan de Fertilización Foliar aplicado en el área estudiada. ....	28
<b>Tabla 8.</b> Valores de medias y valores de $P$ para variables vegetativas.....	30
<b>Tabla 9.</b> Valores de medias y valores de $P$ para variables productivas. ....	34

# Lista de símbolos

<b>Símbolo</b>	<b>Significado</b>
<b>cm</b>	Centímetros
<b>cm<sup>3</sup></b>	Centímetros Cúbicos
<b>ha<sup>-1</sup></b>	Hectárea
<b>HMJE</b>	Hoja Más Joven Enferma
<b>m</b>	Metro
<b>m<sup>2</sup></b>	Metro cuadrado
<b>PPI</b>	Promedio Ponderado de Infección.





# Introducción

El banano es el cuarto cultivo más importante a nivel mundial, después del trigo, el arroz y maíz. Para el año 2019, la producción mundial del banano fue de 20,2 millones de toneladas, en donde Brasil, Filipinas, India y China, fueron los mayores productores de esta fruta; gran parte de esta producción es utilizada para consumo interno y solo el 15% de lo que se produce se exporta, siendo Ecuador y Filipinas los países que más exportan y Estados Unidos y La Unión Europea los que más importan (FAO 2019).

El banano es uno de los cultivos más importantes de Colombia; hay tres zonas productoras para exportación: Antioquia, Magdalena y La Guajira, con 51,454 ha<sup>-1</sup> que producen alrededor de 111 millones de cajas para exportación al año (Augura, 2021; DANE, 2021). La costa norte además del departamento del Magdalena, con mayor área, y la Guajira, incluye áreas de siembra del departamento del Cesar, totalizando 16.014 ha<sup>-1</sup> (Augura, 2020). Es un cultivo de mucha importancia socioeconómica, no sólo por las divisas, sino también por la generación de empleo en las diferentes regiones; aporta a nivel nacional 144,896 empleos de los cuales 41.599 son directos y 125.298 son indirectos, mientras que en la región Caribe genera 48.681 empleos, 12.134 directos y 36.548 de manera indirecta (ASBAMA, 2019).

Una de las principales limitantes del cultivo de banano es la Sigatoka negra causada por el hongo hemibiotrófico *Pseudocercospora fijiensis*, perteneciente al filo Ascomycota, clase Dothideomycetes, orden Mycosphaerellales, familia Mycosphaerellaceae (NCBI., 2022). Esta enfermedad es considerada como el principal problema fitosanitario que afecta la producción comercial de banano y plátano (*Musa* sp.) en la mayoría de las regiones productoras del mundo. La enfermedad se expresa como lesiones necróticas en las hojas, que afectan la eficiencia fotosintética de la planta, y por ello los racimos y frutos tienen un menor desarrollo y menor peso; en condiciones de alta severidad de la enfermedad hay madurez prematura de los mismos (Marín *et al.*, 2003; Luna *et al.*, 2019; Rodríguez *et al.*, 2016).

El uso de moléculas químicas es el método más utilizado para el control de la Sigatoka negra; sin embargo, sin embargo, se ha evidenciado el uso de dosis altas y aumentos en

la frecuencia de aplicación de fungicidas. El uso desmedido de agroquímicos para el manejo y control de Sigatoka negra incrementa los problemas de contaminación ambiental, afecta la biodiversidad de los agroecosistemas y aumenta la resistencia de organismos fitopatógenos a dichos productos, es por esta razón que se han venido implementando el uso de sales inorgánicas, activadores o inductores de resistencia que sean eficientes para el manejo y control de enfermedades, que tenga el menor impacto ambiental y que además tengan un efecto positivo en el crecimiento y rendimiento de los cultivos (Yáñez, *et al.*, 2012; Yáñez, *et al.*, 2018; Luna *et al.*, 2019; Campo, Vélez, Barrera, 2020).

Los inductores de resistencia que se vienen utilizando en muchos cultivos tienen varios efectos sobre las plantas, uno de ellos es controlar de manera directa el ataque de patógenos y el otro es la estimulación de las defensas naturales de las plantas para así protegerse del ataque de un hongo e inhibir el crecimiento del mismo (Guest y Grant, 1991). Una vez están dentro de la planta, ingresan al metabolismo secundario estimulando reacciones bioquímicas generadoras de aminoácidos esenciales, ácido indolacético, ácido salicílico, fenoles, fitoalexinas, antioxidantes, lignina y activan rutas que permiten la tolerancia al estrés abiótico, además estimulan a la planta a producir un alto grado de metabolitos biológicamente activos que ayudan a incrementar la floración, los rendimientos, los tamaños de los frutos y además aumentar sustancias capaces de brindar control de varias enfermedades. (Intagri, 2017; Lovatt y Mikkelsen, 2006).

Dentro de los diferentes inductores de resistencia utilizados en los cultivos, encontramos los fosfitos, los cuales son una forma reducida de los fosfatos y que en la agricultura son potencializados con nutrientes que influyen directamente en la nutrición de los cultivos, por tal razón al realizar diferentes aplicaciones en dosis adecuadas, se obtienen aumentos en el crecimiento y en el rendimiento de las plantas (Carmona y Sautua, 2010; Achari *et al.* 2017). Los fosfitos pueden tener dos mecanismos de acción, uno directo y otro indirecto; el directo está relacionado con el efecto que tiene el fosfito en el crecimiento de hongos fitopatógenos, en altas concentraciones, los fosfitos pueden afectar el desarrollo de hongos, afectando de manera directa la biosíntesis de la pared celular de los mismos. En el mecanismo de acción indirecto los fosfitos actúan como activadores de sistemas de defensa en las plantas, en aplicaciones de baja concentración de fosfitos, se ha evidenciado la expresión de genes de defensa relacionados con la resistencia sistémica adquirida (SAR) (Massoud *et al.*, 2012). En relación al mecanismo de acción indirecto, se ha encontrado en diferentes cultivos que la aplicación de fosfitos regula la activación de

genes encargados de la defensa de las plantas, por ejemplo en tomate, se evaluó la expresión de los genes PR1 (patogénesis- gen codificador de proteína 1 relacionado) el cual se encuentra involucrado en el metabolismo vía del ácido salicílico; y el gen Bgl, que codifica para un  $\beta$ -1,3- glucanasa (Degrada las paredes celulares del patógeno haciendo que se inhiba su crecimiento) cuando se realizaron aplicaciones de fosfitos, los resultados encontrados en este estudio fue un aumento en la expresión de los genes de defensa Bgl y PR1 en las hojas de tomate cuando se realizaron aplicaciones de fosfitos (Vinas *et al.*, 2020).

La aplicación de fosfitos como activadores de defensas de las plantas es una práctica que se viene implementando y que ha dado resultados prometedores en el control de hongos fitopatógenos y en el aumento del crecimiento y rendimiento de los cultivos. Estudios realizados en plátano evidenciaron resultados favorables en cuanto a crecimiento de plantas de plátano Dominicano Hartón (Mogollón y Castaño, 2012); además con la aplicación de los fosfitos se induce a la planta a activar sus propios mecanismos de defensa contra hongos como *Pseudocercospora fijiensis*, causante de la sigatoka negra y amarilla en musáceas (Mogollón y Castaño, 2012). Los fosfitos no solo tienen resultados positivos sobre el control de hongos fitopatógenos, también según algunos estudios la aplicación de estos tiene buenos resultados en el crecimiento y en los rendimientos de los cultivos en los que se ha evaluado (Lovatt y Mikkelsen, 2006). En cultivo de arroz en donde se aplicó la mezcla entre un fungicida y un fosfito para el control de *Nakataea oryzae*, se encontró que las plantas donde se aplicó el fungicida combinado con dosis simples (1775 g i.a ha<sup>-1</sup>) y dosis dobles (3550 g i.a. ha<sup>-1</sup>), redujo la severidad de la enfermedad en un 40 a 45% y la incidencia en un 34 a 38% comparado con el tratamiento sin control, y aumentó el rendimiento por encima del 5% con respecto al tratamiento en el que solo se aplicó fungicida y 10% más de rendimiento que el testigo sin aplicación (Martínez 2016). En cultivo de piña se encontró que aplicaciones de fosfitos de potasio además de tener efectos muy buenos sobre el control de *Phytophthora* sp, mejora el crecimiento de plantas de piña MD-2 (García *et al.*, 2018).

Con base en la necesidad de buscar opciones tecnológicas que puedan ser involucradas en esquemas de manejo integrado de la enfermedad, y con ello reducir la dependencia por fungicidas químicos, se planteó la presente investigación para responder a la siguiente pregunta: **¿Tiene el fosfito de calcio un efecto inductor de resistencia en las plantas que afecta la expresión de la sigatoka negra causada por *Pseudocercospora fijiensis***

**y además tienen un efecto sobre el aumento en el crecimiento y producción del cultivo de banano?**; se plantea como hipótesis que el fosfito de calcio activa las defensas naturales de las plantas, afectando así la incidencia de *P. fijiensis* y que además influye en el crecimiento y producción del cultivo de banano. Para corroborar la hipótesis se plateó como objetivo general, Determinar los efectos de la inyección de fosfito de calcio sobre la expresión de la sigatoka negra y variables de crecimiento y producción de banano, en el departamento del Magdalena, con dos objetivos específicos: (1) Evaluar los efectos de la aplicación de fosfitos de calcio sobre la expresión de la sigatoka negra en unidades productivas de banano, y (2) Determinar los efectos de la aplicación de fosfitos de calcio sobre el crecimiento y producción del cultivo de banano.

# Capítulo 1: Efectos de fosfitos de calcio sobre la expresión de la Sigatoka negra (*Pseudocercospora fijiensis*) en unidades productivas de banano.

## Resumen

La Sigatoka negra se considera como la enfermedad más importante a nivel foliar del cultivo de banano; su agente causal es el hongo *Pseudocercospora fijiensis*, el cual en condiciones adecuadas y alta severidad puede ocasionar pérdidas de hasta un 80% en los rendimientos del cultivo. El manejo actual de la Sigatoka negra se reduce a aplicaciones foliares de moléculas químicas y control fitosanitario con labores culturales en las plantaciones. Las recurrentes aplicaciones de fungicidas generan un impacto ambiental y un desbalance en los ecosistemas, además genera que el patógeno desarrolle resistencia ante estas moléculas. En busca de generar alternativas al control químico se plantea esta investigación con el objetivo de evaluar el efecto del inductor de resistencia fosfito de calcio sobre el desarrollo y expresión de Sigatoka negra en banano, inyectando 2 cm<sup>3</sup> de Fitokal-B® diluido en agua en un volumen de 100 cm<sup>3</sup>. Se evaluaron variables de la enfermedad, encontrando diferencias significativas entre el tratamiento con el fosfito de calcio y el testigo para el promedio ponderado de infección, con medias de 0.61569 y 0.69058 respectivamente y un F valor  $p > 0,05$ . Por otra parte, se hizo la evaluación de la hoja más joven enferma, en donde los síntomas de la enfermedad se mantuvieron en promedio para el testigo entre la hoja 5 y 6 y para el tratamiento con el fosfito de calcio entre las hojas 6 y 7, mostrando diferencias significativas entre ambos. De acuerdo a los resultados obtenidos se concluye que la inyección de fosfitos de calcio en plantas cosechadas, reduce la incidencia de la Sigatoka negra en plantas de banano.

**Palabras Claves:** Control químico, Severidad, Enfermedad Fitopatógena, rendimientos.

# 1. Introducción

La Sigatoka negra es considerada la enfermedad foliar más importante de las musáceas, es ocasionada por el hongo *Pseudocercospora fijiensis* y afecta directamente el área fotosintéticamente activa de las plantas, ocasionando pérdidas en los pesos de los racimos entre un 40 a un 50%, reduciendo los rendimientos y la productividad del cultivo (Guzmán *et al.* 2013). Dentro del complejo Sigatoka que está conformado *P. fijiensis* (Sigatoka negra), *P. musae* (Sigatoka amarilla), y *P. eumusae* (Mancha Foliar de emusae), la Sigatoka negra es considerada la enfermedad más destructiva (Crous *et al.*, 2001). Las principales especies afectadas por la Sigatoka pertenecen al género *Musa* spp y dependiendo del nivel de resistencia que tenga la especie, el hongo puede mostrar diferentes síntomas en los huéspedes (Gasparotto *et al.*, 2005). El desarrollo de la enfermedad está ligado a las condiciones ambientales, las variedades no resistentes sembradas y las labores que se realizan en los cultivos. El hongo se vuelve más agresivo en condiciones de altas precipitaciones (por encima de 1400 mm anuales), humedad relativa por encima del 80% y temperaturas que varían entre los 23 y 28 °C, con precipitaciones frecuentes el hongo tiene más facilidad para liberar esporas e infectar otras plantas (CIAT, 2013).

Actualmente el principal método de control de Sigatoka negra se basa en control químico con aplicaciones de fungicidas vía área o con bombas nebulizadoras y además se complementa con labores de fitosanitarias (Pérez, 2012; Álvarez *et al.* 2015). El manejo de sigatoka negra abarca entre el 30% y el 50% de los costos de producción del cultivo, que lo genera para Colombia un total de 20 a 30 millones de dólares al año (Churchill, 2011; Hincapié, 2003). Según lo indicado por el ingeniero agrónomo Jesús Matos, en la Zona Bananera del departamento del Magdalena los costos para el control de Sigatoka negra oscilan entre el 30 y 40% de los costos de producción del cultivo, debido a que se realizan entre 25 y 35 aplicaciones aéreas por hectárea con costo promedio de \$220.000/ha<sup>-1</sup> (Comunicación Personal, 07 de Julio del 2022; Hincapié, 2003). Con el fin de disminuir el uso de sustancias químicas que se aplican para el control de esta enfermedad, en los últimos años se han realizado muchas investigaciones en busca de alternativas para su manejo y esto ha llevado a estudiar los sistemas defensivos de las plantas y como estimularlos. (Campo y Vélez, 2020). La planta tiene sus propias defensas naturales que las ayudan a protegerse del ataque de

patógenos, sin embargo, a veces necesitan de productos que ayuden a activar estas defensas y sean mucho más eficaces al momento de protegerse; dentro de esas sustancias que pueden activar las defensas de las plantas encontramos los inductores de resistencia, que lo que hacen es activar una serie de rutas metabólicas que terminan con la activación de genes que se encargan de desencadenar las defensas de las plantas, estos inductores actúan como bioestimulante de la resistencia sistémica adquirida (RSA) en las plantas, su mecanismo de acción se basa en expresar respuestas de la planta después de la infección al activar síntesis bioquímicas y estructurales como fitoalexinas, polisacáridos y algunas proteínas relacionadas con la patogénesis (PR), encargados de las defensas naturales de las plantas, con el aumento de estas sustancias, hay una restricción que evita la penetración y supervivencia de los microorganismos patógenos (McDonald *et al.*, 2001; Monsalve *et al.*, 2012; Yáñez-Juárez *et al.*, 2018).

Investigaciones realizadas en donde se evaluaron los efectos de inductores de resistencia como ácido salicílico, Acibenzolar-S-metil, ácido 2,6- dicloroisonicotínico, ácido 3-aminobutanoico y Fosfito de potasio, y los fungicidas Propiconazol y Clorotalonil en plántulas de Dominico-Hartón sobre los hongos *Pseudocercospora fijiensis* y *P. musicola* (anteriormente llamados *Mycosphaerella fijiensis* y *M. musicola*) causantes de la sigatoka negra y amarilla en musáceas, encontraron que la aplicación de fosfitos de potasio al suelo y donde evaluaron el índice de severidad (%), grado de evolución de los síntomas y la tasa de desarrollo de la enfermedad, tuvo mejores resultados que los otros inductores y fungicidas, obteniendo un menor grado de evolución de los síntomas, reducción en el índice de severidad y desarrollo de los hongos. En las plantas tratadas con fosfitos el hongo tardó mucho más tiempo en aparecer. Para variables vegetativas, las plantas tratadas con fosfitos mostraron mayor altura con respecto a los otros tratamientos (Mogollón y Castaño, 2012).

Otros inductores de resistencia que han sido evaluados son los fosfitos (Phi), que son sales que se derivan a partir del ácido fosforoso y que para potenciarlo se combinan con diferentes cationes como el potasio, calcio, magnesio, entre otros; una de sus funciones es la activación de las fitoalexinas, que son defensas naturales de las plantas y además de eso tienen un efecto antifúngico directo, contra los Oomycetes, Sordariomycetes, Basidiomycetes, Pucciniomycetes, por lo anterior, se plantea su uso

en la agricultura como alternativa al control químico de hongos y oomycetes fitopatógenos (McDonald *et al.*, 2001, ; Gómez y Reis, 2011; Monteiro *et al.*, 2016).. Los fosfitos tienen una ventaja con respecto a los fungicidas tradicionales y es su doble circulación dentro de la planta; su facilidad de moverse libremente a través del xilema y floema le permite ser eficiente en el control de hongos fitopatógenos que afecten desde las raíces hasta la parte foliar; además, gracias a esta movilidad, su aplicación se puede hacer de manera foliar, por fertirrigación y en cultivos como los frutales puede ser inyectado a los troncos (Yáñez, *et al.*, 2018).

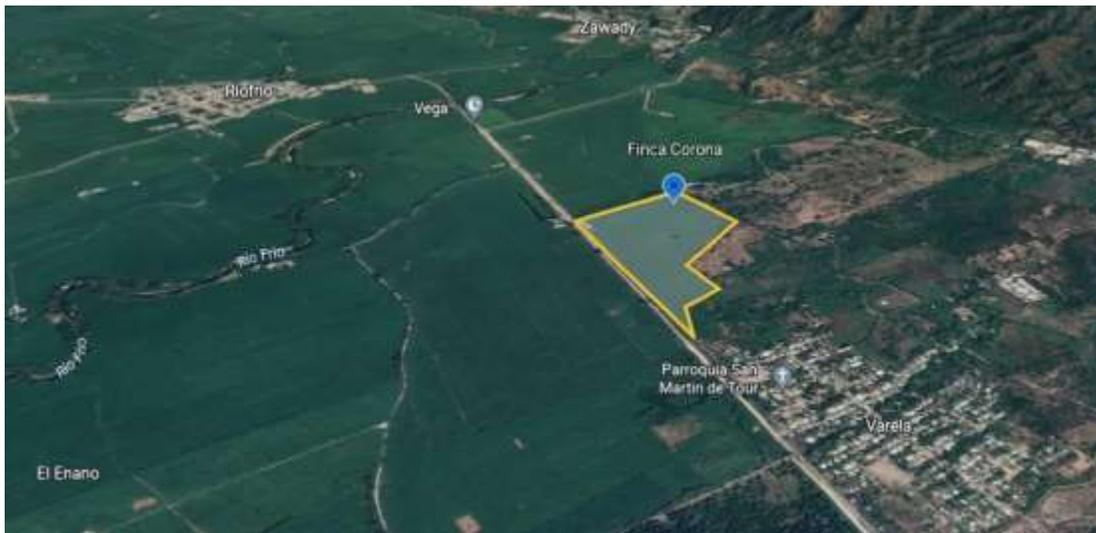
En cultivos de especies diferentes a *Mussa* sp. se han registrado resultados positivos con la utilización de fosfitos para el control de diferentes hongos fitopatógenos. En Brasil se registraron efectos positivos cuando se asperjó fosfito de manganeso a plantas de café inoculadas con roya (*Hemileia vastatrix*); con un 63% de reducción de la enfermedad con relación al control que solo se asperjó con agua (Monteiro *et al.*, 2016). Así mismo, en investigaciones realizadas en limones se registraron resultados favorables con el uso de fosfitos. En árboles inoculados artificialmente la incidencia de *Phytophthora citrophthora* fue reducida en un 25% cuando se realizaron aplicaciones de fosfitos después de la cosecha; en aplicaciones realizadas previas a las inoculaciones, se encontró que la incidencia del oomycete estuvieron entre el 50 y el 60% más bajas que los tratamientos controles; en la etapa de pre cosecha la aplicación de fosfitos redujo la incidencia de la enfermedad entre un 40 y 60% (Ramallo *et al.*, 2019). En el caso de mildiu vellosa causada por *Peronospora sparsa* en cultivos de rosa, donde regularmente se recurre a aplicaciones de fungicidas para su control, las aplicaciones de fosfitos de potasio son considerados como alternativa, ya que en un experimento se obtuvo reducción de la incidencia del hongo en un 56.3% y la severidad en un 77.8 % (Alvarez *et al.*, 2015).

Los altos costos por manejo de la enfermedad y la necesidad de reducir el impacto ambiental por las aplicaciones de moléculas químicas, hacen que se exploren nuevas alternativas de manejo, que sean complementarias o se integren a esquemas de manejo integrado. De acuerdo a lo anterior el objetivo de esta investigación fue evaluar los efectos que tiene la aplicación por inyección de un inductor de resistencia como el fosfito de calcio sobre la respuesta de plantas de banano ante *P. fijiensis*, con miras a encontrar alternativas o complementos para el manejo de la enfermedad y bajar los costos de producción asociados al control de esta.

## 2. Materiales y Métodos

### 2.1 Localización

El experimento se llevó a cabo en un lote de 10.000 m<sup>2</sup> de cultivo de banano variedad Gran Enano con una edad de 10 meses (R1) en la finca La Corona, la cual se encuentra en el corregimiento Rio Frio, municipio Zona Bananera, departamento del Magdalena, ubicada según Google Maps, en las coordenadas geográficas 10.886357 N, -74.168150 W, con temperatura promedio anual de 30 °C, precipitación anual de 900 a 1500 mm y humedad relativa de 82 % (Figura 1).



**Figura 1.** Ubicación de la finca Corona. (Google Maps, 2022)

### 2.2 Aplicación de los tratamientos

Para la investigación se escogieron 40 plantas recién cosechadas clon Valery porte bajo, de las cuales 20 fueron para la aplicación del tratamiento con el fosfito (Tratamiento 1) y 20 para el testigo sin aplicación de fosfito (Tratamiento 2). Con el fin de tener homogeneidad en las plantas seleccionadas para ambos tratamientos, se escogieron plantas con la misma altura y el mismo número de hojas. El producto fue aplicado a las plantas madre (R0); las mediciones de las variables sanitarias se realizaron a cada hijo (R1).

Detalles de los tratamientos es el siguiente:

**Tratamiento 1:** Adición de fosfito de calcio (producto comercial MF Fitokal-B®), como complemento al manejo convencional de la finca. Para esta investigación se utilizó la dosis recomendada por el fabricante la cual fue de 2 cm<sup>3</sup> por planta, y se aplicó haciendo una dilución en agua completando 100 cm<sup>3</sup>/planta. El producto Fitokal-B® fue aplicado al pseudotallo de las plantas cosechadas (R0) a las cuales con un sacabocado desinfectado se le perforó a una altura de 1 m y a una profundidad de 20 cm. La aplicación del producto se realizó una sola vez y se utilizó una bomba dosificadora, con el fin de que se aplicaran las cantidades correctas (Figura 2).

La aplicación del producto se realiza a la planta madre cosechada, debido a que desde la planta madre hacia el hijo en sucesión hay un transporte de nutrientes a medida que se va descomponiendo el pseudotallo, lo que conlleva a un aprovechamiento del hijo durante los primeros meses de desarrollo (Torres, 2012; Tuz, 2018). De acuerdo a Tuz, 2018, la aplicación al pseudotallo de nutrientes y sustancias altamente eficientes para la planta, mejora las propiedades vegetativas del hijo, de tal manera que hay un mejor aprovechamiento del pseudotallo de la planta madre; el desdoble de nutrientes y sustancias eficientes, ayuda a las plantas a tener una buena nutrición y esto conlleva a una alternativa a la fertilización edáfica y foliar. Existen diferentes metodologías de aplicación de los fosfitos, estas se pueden hacer vía foliar, aplicación al suelo o drechs e inyectado a la planta en donde se desee generar el efecto, sin embargo esta última tiene un riego alto al momento de inyectar la planta, lo que requiere de mucho cuidado para no generar daños al punto de crecimiento.

En la tabla 1 encontramos la composición del Fosfito de calcio utilizado en la investigación:

**Tabla 1.** Composición química del fosfito de Calcio.

Fósforo Asimilable (P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> )	450 g/L
Potasio soluble en agua (K <sub>2</sub> O)	100 g/L
Calcio (CaO)	130 g/L
Boro (B)	20 g/L
*Fósforo como ion fosfito derivado del ácido fosforoso	
pH en solución al 10%	3.5
Densidad	1.45 g/ml

**Tratamiento 2:** Testigo con manejo convencional, pero sin aplicación del fosfito de calcio. Durante la ejecución de la investigación, el lote escogido contaba con un sistema de riego por aspersión, buen sistema de drenajes, las labores de fitosanitarias se hacían de manera semanal, se le realizaron todas las labores del cultivo, incluyendo aplicaciones de fungicidas para el control de Sigatoka negra y aplicación de fertilizantes edáficos y foliares, en la tabla 2 se detalla el número de aplicaciones que se llevaron a cabo durante la investigación en el lote estudiado.

**Tabla 2.** Control Químico utilizado en la finca para manejo de Sigatoka negra.

CONTROL QUIMICO DE SIGATOKA NEGRA		
SEMANA	PRODUCTO	MÉTODO DE APLICACIÓN
10	Fenpropimorph	Avioneta
15	Epoxiconazol + Fenpropidin	
18	Propiconazole y Tebuconazole + Mancozeb	
21	Propiconazole y Tebuconazole + Morfolina	
24	Fenpropidin	



**Figura 2.** Método utilizado para la aplicación del fosfito de calcio al pseudotallo de la planta cosechada. A. Fotografía realizada el orificio con el sacabocado en la planta cosechada. B. Fotografía de la aplicación del Fitokal-B® con la bomba dosificadora. (FUENTE: EL AUTOR)

## 2.3 Variables Evaluadas

### Promedio Ponderado de Infección (PPI)

Esta variable indica el índice de severidad de la enfermedad en la plantación. Durante 15 semanas cada 8 días se tomaron los datos en campo al hijo (R1) y fueron plasmados en el formato que nos muestra la figura 3, se llegaba a cada planta y en cada hoja se cuantificaba el grado de severidad de acuerdo a la escala del Stover modificada por Gauhl (Tabla 3). El PPI se calculó así:

$$\% \text{ Hojas Infectadas Por Grado} = \frac{\# \text{ de Hojas en Cada Grado}}{\# \text{ Total de hojas}} * 100$$

$$PPI = \frac{\text{Suma de (\% hojas en cada grado * grado respectivo)}}{100}$$

**Tabla 3.** Grados de la escala de Stover modificada por Gauhl para evaluación de daño causado por sigatoka negra en cultivos de banano.

Grado	Descripción del daño en la hoja
1	Hasta 10 manchas por hoja
2	Menos del 5% de área foliar enferma
3	De 6 a 15% de área foliar enferma
4	De 16 a 33% de área foliar enferma
5	De 34 a 50% de área foliar enferma
6	Más del 50% de área foliar enferma

Fuente: (SAGARPA, 2013).

### Hoja Más Joven Enferma (HMJE)

Esta variable nos indica en qué parte de la planta se encuentra la enfermedad y es una herramienta utilizada como indicador del estado o parámetro de la enfermedad. Semanalmente se realizó un conteo de las hojas planta a planta de arriba hacia abajo y se identificó la primera hoja que presentaba manchas (Grado 1 de la enfermedad) o estrías fácilmente visibles desde la superficie del suelo. Los datos recolectados semana a semana de fueron plasmados en un formato (Figura 3).

		FECHA			SEMANA															TRATAMIENTO		GRADOS							
		NÚMERO O POSICIÓN DE LA HOJA																											
PLANTAS		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	HP	HMJE	0	1	2	3	4	5	6	7	8	
1																													
2																													
3																													
4																													
5																													
6																													
7																													
8																													
9																													
10																													
11																													
12																													
13																													
14																													
15																													
16																													
17																													
18																													
19																													
20																													
																		Total											
																		Promedio											
																		Total											
																		Prom											

Figura 3. Formato de Evaluación del promedio ponderado de infección para Sigatoka negra. Fuente. El Autor, 2022.

### 2.6 Diseño y Análisis Estadístico

El diseño estadístico utilizado fue un diseño completamente aleatorizado a una vía de clasificación con 20 repeticiones por tratamiento.

El modelo estadístico correspondió a:

$$y_{ijk} = \mu + \tau_i + b_j + \epsilon_{ijk}$$

$$i = 1, 2 \quad j = 1, 2 \dots 15 \quad k = 1, 2 \dots 20$$

$y_{ijk}$  := Variable respuesta para el  $i$ -ésimo tratamiento, la  $j$ -ésima semana y la  $k$ -ésima repetición.

- $\mu$ : = La media general.
- $\tau_i$ : = Efecto del fosfito de calcio.
- $b_j$ : = Efecto aleatorio del tiempo (semanas)
- $\epsilon_{ijk}$ : = Error experimental

**Supuestos**

$$b_j \sim N(0, \sigma^2_j) \text{ y } \epsilon_{ijk} \sim N(0, \sigma^2)$$

Para el análisis y organización de los datos recolectados se utilizaron programas como Excel y R Studio. Se llevó a cabo un análisis de varianza (ANOVA) y la Prueba Post Hoc Tukey ( $p \leq 0.05$ ) a medias ajustadas por mínimos cuadrados. Se realizaron pruebas de normalidad con el test de Shapiro-Wilk y de homogeneidad de varianza con el test de Bartlett.

## 3. Resultados

### 3.1 Promedio Ponderado de Infección (PPI).

Los resultados para esta variable mostraron diferencias altamente significativas entre el tratamiento con fosfito de calcio y el testigo sin aplicación (F-VALOR >0,05) (Tabla 4).

**Tabla 4.** Resultados del Análisis de Varianza del Modelo PPI y HMJE.

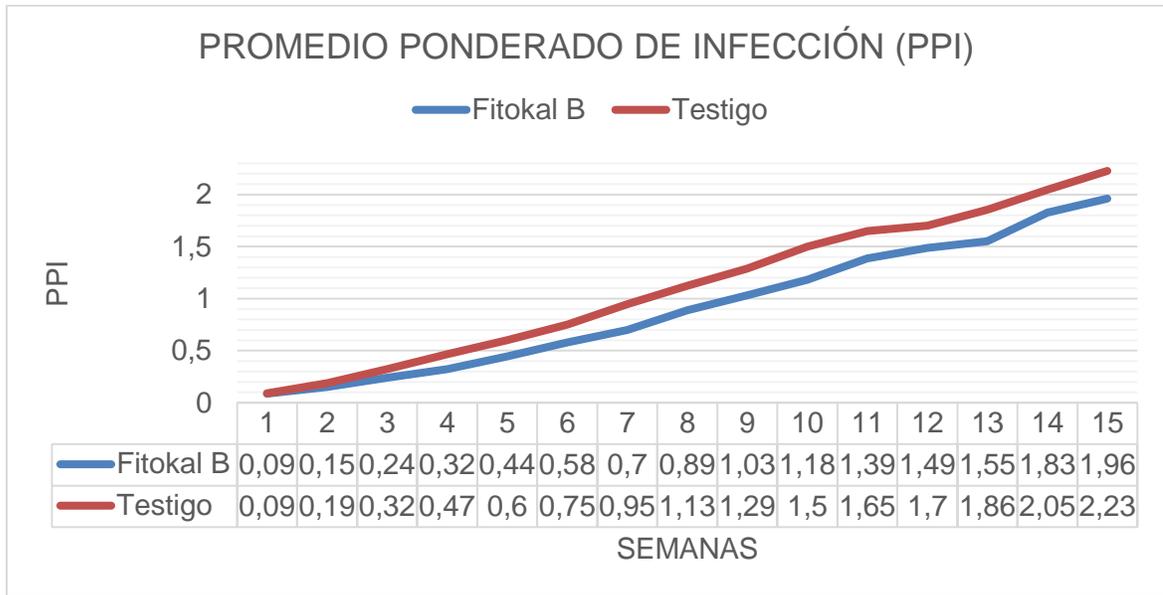
Variables	Fuente de Variación	GL	Suma de Cuadrados	Cuadrado Medio	F - valor	Significancia < 0,05
PPI	Tratamientos	1	0.2846	0.2846	63.578	Alta
HMJE	Tratamientos	1	105,84	105,84	462,79	Alta

Los valores de las medias y los resultados de la prueba de Tukey indicaron una alta diferencia significativa entre los tratamientos evaluados (Tabla 5).

**Tabla 5.** Valores de las medias y de la prueba de Tukey para las variables PPI y HMJE.

VARIABLES	PPI		HMJE		SIGNIFICANCIA
	FOSFITO	TESTIGO	FOSFITO	TESTIGO	
MEDIAS	0,92	1,12	6,69	5,84	
TUKEY <0,05	<0,001		<0,001		DIFERENCIAS ALTAMENTE SIGNIFICATIVA

Se observó diferencias en el avance de la enfermedad semana a semana para cada tratamiento durante 4 meses hasta la emisión de la primera bacota; se evidenció que a partir de la semana dos hubo diferencias entre las medias del PPI para cada tratamiento, siendo mayor en las plantas sin tratar con el fosfito de calcio. El PPI fue creciente en el tiempo en ambos tratamientos, sin embargo, se puede apreciar el efecto positivo del fosfito de calcio en las plantas tratadas, donde los valores de PPI siempre fueron menores en plantas tratadas con el inductor oscilando entre 0,088 y 1,96 en comparación con las no tratadas que la oscilación de los datos estuvo entre 0,09 y 2,227 (Figura 4).

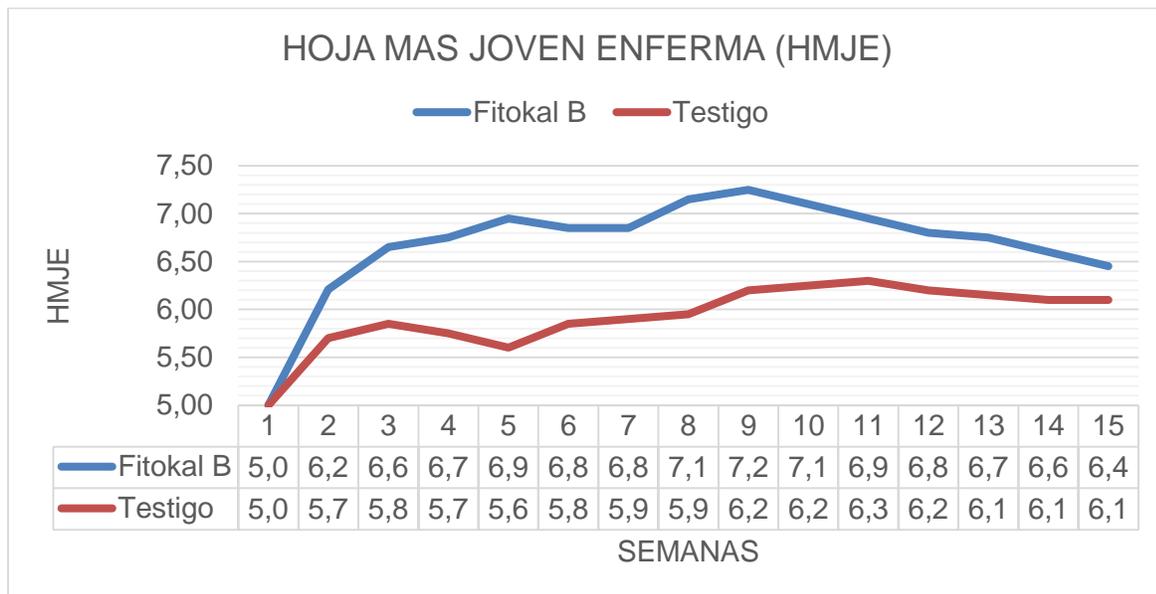


**Figura 4.** Comportamiento del Promedio Ponderado de Infección en el tiempo (semanas).

### 3.2 Hoja Más Joven Enferma (HMJE)

Para esta variable se encontraron diferencias altamente significativas entre el tratamiento con la aplicación de fosfito y el testigo sin aplicación (F-VALOR >0,05) (Tabla 4). Los resultados obtenidos en las medias y las pruebas de Tukey (Tabla 5) evidencian una alta diferencia significativa entre los tratamientos evaluados.

A partir de la semana 2 se observó que las plantas del tratamiento con a las que se les aplicó el fosfito de calcio mantenían a la enfermedad más alejada de las primeras hojas, caso contrario pasó con el testigo, donde la enfermedad estuvo siempre más cercana a la hoja bandera (Figura 5).



**Figura 5.** Comportamiento de la Hoja Más Joven Enferma en función del tiempo (semanas).

## 4. Discusión

Los resultados anteriormente expuestos nos muestran que realizando aplicaciones de fosfitos de calcio se puede obtener menor expresión de *Sigatoka negra* en plantas de banano, evidenciando que el fosfito indujo una resistencia en las plantas tratadas, lo que concuerda con lo planteado por EDA (2008), quien menciona que los fosfitos cuando ingresan a la planta son reconocidos como un metabolito del patógeno, lo que hace que se desencadene una formación rápida de metabolitos secundarios como las fitoalexinas, las cuales son flavonoides que tiene propiedades antimicrobianas y las plantas las utilizan como mecanismos de defensa del ataque de patógenos externos (EDA, 2008). Los resultados también mostraron cambios en la expresión de la enfermedad una semana siguiente a la aplicación, lo cual se debe posiblemente a que los fosfitos de calcio actúan de manera rápida en las plantas, debido a su fácil penetración y movilidad, generando cambios hormonales, lo que provoca un aumento en la generación de fitoalexinas y por ende un fortalecimiento del sistema defensivo de las plantas, haciéndola más tolerantes o resistentes al ataque de un patógeno (Lovatt y Mikkelsen, 2006).

Los resultados obtenidos en nuestro estudio, concuerdan con los planteado por Mogollón y Castaño en el 2011, donde realizaron una investigación con diferentes inductores de resistencia y algunos fungicidas para el control de Sigatoka en cultivo de plátano Dominico-Hartón y se encontraron que la aplicación de fosfito de potasio a los 30, 60 y 75 días después de la siembra se asoció a una menor incidencia de la enfermedad en comparación con otros inductores de resistencia evaluados (Mogollón y Castaño, 2011)

Ramírez *et al.* (2012) evaluaron en plántulas de plátano el efecto de inductores de resistencia sobre la Sigatoka negra y encontraron que con aplicaciones de fosfitos de potasio en dosis de 300 ml/ha, las plantas mostraron valores más bajos de incidencia del hongo, en comparación con el testigo sin aplicación u otros inductores de resistencia; en un estudio similar, Lema (2009) evaluó en plántulas de plátano la acción de algunos inductores de resistencia sobre la Sigatoka negra, encontrando que los valores más bajos de incidencia de la enfermedad se obtuvieron con fosfito de potasio en dos de 0,7 y 1 litro por hectárea de fosfitos de potasio. Las investigaciones anteriormente expuestas nos llevan a considerar que los fosfitos tienen una acción directa sobre la activación de defensas en musáceas y que influyen de manera positiva en el control del hongo causante de la Sigatoka negra, tal como se encontró en la presente.

En otros patosistemas con la aplicación de fosfitos de manera foliar, la eficiencia de fosfitos para reducir la expresión de enfermedades ha sido comprobada, tales como en la interacción *Phytophthora citrophthora* – limones donde de manera controlada la incidencia de la enfermedad se redujo entre 25% y 60% (Ramallo *et al.*, 2019), así mismo se evidenció en la reducción del daño en el porcentaje de incidencia de *Phytophthora sp.* en cultivos de piña (García *et al.* 2018); en la interacción *Peronospora sparsa Berkeley* - rosa las aplicaciones de fosfitos de potasio redujeron la incidencia del hongo en un 56.3% y la severidad en un 77.8 % (Alvarez *et al.*, 2015). Un control del 63% de Roya (*Hemileia vastatrix*) en plantas de café se obtuvo con aplicaciones de fosfito de manganeso (Monteiro *et al.*, 2016). Estos resultados validan la eficacia del fosfito de calcio registrada en la presente investigación.

En la presente investigación, el fosfito de calcio potenció el esquema de manejo de la enfermedad implementado en el cultivo, pues el PPI y la HMJE fue significativamente mejor con respecto a las plantas sometidas sólo al manejo basado en las aspersiones de fungicidas y deshoje fitosanitario. Al respecto, en un estudio donde se evaluó el efecto de

aplicaciones de fosfitos solo y en combinación con dosis bajas de fungicidas sobre *Phytophthora infestans* en cultivos de papa y tomate, se encontró que bajo una presión normal de la enfermedad el fosfito solo y en combinación con el fungicida afectaron la expresión de la misma (Mulugeta *et al.*, 2019).

## 5. Conclusiones

La inyección aplicación de fosfitos de calcio al pseudotallo de las plantas cosechadas de banano afectó la expresión de la Sigatoka negra en fase productiva; con aplicación única a la planta recién cosechada o planta madre, se logró mantener la enfermedad con menor grado de incidencia y severidad, en la planta hija o R1, se logró mantener la enfermedad por debajo de 2 grados en el promedio ponderado de infección (PPI) y en promedio la hoja más joven enferma estuvo entre las hojas 7 y 8. Estos resultados constituyen el primer reporte de evaluación de un fosfito de calcio para el manejo de Sigatoka negra en cultivo de banano para el departamento del Magdalena.

Los resultados obtenidos en esta investigación indican que los fosfitos como los contenidos en el producto Fitokal-B®, tienen la facultad de activar y fortalecer los mecanismos de defensa de las plantas de banano en respuesta al ataque del hongo *Pseudocercospora fijiensis* afectando de manera considerable su expresión, de tal manera que este inductor de resistencia puede funcionar como complemento en esquemas de manejo de la enfermedad en plantaciones de banano.

## 6. Referencias

ACHARY, V., RAM, B., MANNA, M., DATTA, D., BHATT, A., REDDY, M. K., y AGRAWAL, P. K. (2017). *Phosphite: a novel P fertilizer for weed management and pathogen control*. Plant biotechnology journal, 15(12), 1493–1508. <https://doi.org/10.1111/pbi.12803>

**ALVAREZ, P., GARCIA, R., MORA, M. y GONZÁLEZ, J.** (2015). *Fosfitos De Potasio Como Alternativas De Manejo Del Mildiu Velloso Del Rosal (Rosa spp.)*. En: Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas, Vol. 9, No 8 (Nov-Dic.2018); p. 1577-1589.

**Asociación de Bananeros del Magdalena y La Guajira.** *Informe De Gestión 2019.*  
<https://www.asbama.com/administrador/img/informes/informes/76.pdf>

**Asociación de Bananeros de Colombia.** *Coyuntura Bananera 2021.*

<https://augura.com.co/wp-content/uploads/2022/04/COYUNTURA-BANANERA-2021.pdf>

**CAMPO-ARANA, R. O., VÉLEZ-L, S. M., BARRERA-V. J. L.** (2020). *The black leaf streak Mycosphaerella fijiensis Morelet, in plantain and banana crops: a Review.* Fitopatología Colombiana 44(2): 61-66.

**CARMONA M y SAUTUA F.** (2017). *La Problemática De La Resistencia De Hongos A Fungicidas. Causas Y Efectos En Cultivos Extensivos.* Revista. Facultad de agronomía UBA,37(1): 1-19. <https://core.ac.uk/download/pdf/151083081.pdf>

**CIAT y FAO.** (2013). *La Sigatoka Negra En Plátano Y Banano, Guía Para El Reconocimiento Y Manejo De La Enfermedad, Aplicado A La Agricultura Familiar.* P. 1-6.

**CROUS, P., CARLIER, J., ROUSSEL, V., & GROENEWALD, J.** (2021). *Pseudocercospora and allied genera associated with leaf spots of banana (Musa spp.). Fungal Systematics and Evolution, 7, 1–19.* <https://doi.org/10.3114/fuse.2021.07.01>

**Departamento Administrativo Nacional de Estadística.** *Encuesta nacional agropecuaria, Colombia.*

<https://www.dane.gov.co/index.php/estadisticasportema/agropecuario/encuestanacional-agropecuaria-ena#anexos>

**Entrenamiento Y Desarrollo De Agricultores.** *El Uso del Ácido Salicílico y Fosfonatos (Fosfitos) para Activar el Sistema de Resistencia de la Planta (SAR).*

<https://www.yumpu.com/es/document/read/14562359/el-uso-del-acido-salicilico-y-fosfonatos-fosfitos-para->

**Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación.** *Análisis Del Mercado Del Banano, Panorama General De febrero De 2020.*

<https://www.fao.org/3/ca9212es/ca9212es.pdf>

**GARCÍA, K., CAMACHO, M., y MATA, X.** (2018). *Efecto de fosfitos de potasio sobre Phytophthora sp . y parámetros de crecimiento en plantas de piña ( Ananas comosus var . comosus )*. AgrolInnovación, 1(1), 10–24. <https://doi.org/10.18860/rath.v1i1.3923>

**GASPAROTTO, L., CLÉRIO, J., PEREIRA, R., URBEN, A. F., HANADA, R. E., PEREIRA, M. C. N., GASPAROTTO, L., HANADA, A. F., PEREIRA, R. E. y, y HELICONIA, M. C. N.** (2005). *Heliconia psittacorum: Hospedeira de Mycosphaerella fijiensis, Agente Causal da Sigatoka-Negra da Bananeira*. Fitopatol. bras. Vol. 30(4):423-425. <https://doi.org/10.1590/S0100-41582005000400016>

**GÓMEZ, D. E., REIS, E. M., SÁENZ PEÑA, R., & DE CHACO, P.** (2011). *Inductores abióticos de resistencia contra fitopatógenos*. Revista QuímicaViva. Número 1, año 10, abril 2011. <http://www.quimicaviva.qb.fcen.uba.ar/v10n1/gomez.pdf>

**GUEST, D., y GRANT, B.** (1991). *The complex action of phosphonates as antifungal agents*. Biological Reviews of the Cambridge Philosophical Society, 66(2), 159–187. <https://doi.org/10.1111/j.1469-185X.1991.tb01139.x>

**GUZMÁN, M; OROZCO-SANTOS, M; PÉREZ, L.** (2013). *Las enfermedades Sigatoka de las hojas de banano: dispersión, impacto y evolución de las estrategias de manejo de América latina y el Caribe*. XX Reunión internacional de asociación para la cooperación en búsqueda y desenvolvimiento integral de Musáceas (banano y plátano). Fortaleza, Brasil. 98-116p

**INTAGRI.** (2017). *Fosfito Como Bioestimulante En La Agricultura. Serie Nutrición Vegetal Núm. 99. Artículos Técnicos De Intagri. México. 4 P.* Extraído de <https://www.intagri.com/articulos/nutricion-vegetal/fosfito-como-bioestimulante-en-la-agricultura>

**LEMA M. C.** (2009). *Evaluación del Fosfito de Potasio (Foscrop PK®) como inductor de resistencia en plátano (Musa AAB) para el control de Sigatoka negra (Mycosphaerella fijiensis Morelet) en lotes comerciales del departamento del Quindío. Armenia, Colombia*. Trabajo de Grado Bióloga. Universidad del Quindío. 72 p.

**LOVATT, C. y MIKKELSEN, R.** (2006). *Phosphite fertilizers: What are they? Can you use them? What can they do?* <https://www.researchgate.net/publication/285132974>

**LUNA-MORENO, D., SÁNCHEZ-ÁLVAREZ, A., ISLAS-FLORES, I., CANTO-CANCHE, B., CARRILLO-PECH, M., VILLARREAL-CHIU, J. F., y RODRÍGUEZ-DELGADO, M.** (2019). *Early detection of the fungal banana black sigatoka pathogen *Pseudocercospora fijiensis* by an SPR immunosensor method.* *Sensors (Switzerland)*, 19(3), 1–12. <https://doi.org/10.3390/s19030465>

**MCDONALD, A., GRANT, B. y PLAXTON, W.** (2001). *Phosphite (Phosphorous Acid): Its Relevance In The Environment And Agriculture And Influence On Plant Phosphate Starvation Response.* En: *Journal of Plant Nutrition*, Vol. 24; p. 1505-1519.

**MARTÍNEZ, S.** (2016). *Effects of combined application of potassium phosphite and fungicide on stem and sheath disease control, yield, and quality of rice.* *Crop Protection*, 89, 259–264. <https://doi.org/10.1016/j.cropro.2016.08.002>

**MASSOUD, K., BARCHIETTO, T., LE RUDULIER, T., PALLANDRE, L., DIDIERLAURENT, L., GARMIER, M., AMBARD-BRETTEVILLE, F., SENG, J.-M., y SAINDRENAN, P.** (2012). *Dissecting Phosphite-Induced Priming in Arabidopsis Infected with *Hyaloperonospora arabidopsidis*.* *Plant Physiology*, 159(1), 286–298. <http://www.jstor.org/stable/41496263>

**MOGOLLÓN ORTIZ, À., y CASTAÑO ZAPATA, J.** (2011). *Efecto De Inductores De Resistencia En Plántulas De Plátano Dominico-Hartón.* *Rev. Acad. Colomb. Cienc*, 35(137), 464–471.

**MONTEIRO, A., DE RESENDE, M., VALENTE, T., RIBEIRO JUNIOR, P., PEREIRA, V., DA COSTA, J. y DA SILVA, J.** (2016). *Manganese Phosphite In Coffee Defence Against *Hemileia vastatrix*, The Coffee Rust Fungus: Biochemical And Molecular Analyses.* En: *Journal of Phytopathology*, Vol. 164 (May-Sep 2016); p. 1043–1053

**MONSALVE, V.; VITERI, R.; RUBIO, C. Y TOVAR, D.** 2012. *Efectos del fosfito de potasio en combinación con el fungicida metalaxyl mancozeb en el control de Mildew velloso (*peronospora destructor berk*) en cebolla de bulbo (*Allium cepa L.*).* *Rev. Facultad Nacional de Agronomía Medellín*. 65(1):6317-6325.

<http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=179924340003>

---

**MULUGETA, T., ABREHA, K., TEKIE, H., MULATU, B., YESUF, M., ANDREASSON, E., LILJEROTH, E., y ALEXANDERSSON, E.** (2019). *Phosphite Protects Against Potato And Tomato Late Blight In Tropical Climates And Has Varying Toxicity Depending On The Phytophthora Infestans Isolate*. En: *Journal Crop Protection*, Vol. 121 (2019); p. 139–146.

**NATIONAL CENTER FOR BIOTECHNOLOGY INFORMATION.** *Pseudocercospora fijiensis* CIRAD86.  
<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/Taxonomy/Browser/wwwtax.cgi?mode=Info&id=383855&lvl=3&lin=f&keep=1&srchmode=1&unlock>

**PÉREZ, L. (2012).** *A Holistic Integrated Management Approach To Control Black Sigatoka Disease Of Banana Caused By Mycosphaerella Fijiensis*. Manual técnico. FAO. 30 p.

**RAMALLO, A. C., CERIONI, L., OLMEDO, G. M., VOLENTINI, S. I., RAMALLO, J., y RAPISARDA, V. A.** (2019). *Control of Phytophthora brown rot of lemons by pre- and postharvest applications of potassium phosphite*. *European Journal of Plant Pathology*, 154(4), 975–982. <https://doi.org/10.1007/s10658-019-01717-y>

**RODRÍGUEZ-GARCÍA, C. M., CANCHÉ-GÓMEZ, A. D., SÁENZ-CARBONELL, L., PERAZA-ECHEVERRÍA, L., CANTO-CANCHÉ, B., ISLAS-FLORES, I., y PERAZA-ECHEVERRÍA, S.** (2016). *Expression of MfAvr4 in banana leaf sections with black leaf streak disease caused by Mycosphaerella fijiensis: a technical validation*. *Australasian Plant Pathology*, 45(5), 481–488. <https://doi.org/10.1007/s13313-016-0431-6>

**TUZ GUNCAY, I. G.** (2018). *Manejo integrado del cultivo de banano (Musa x paradisiaca L.) clon Williams, usando biocarbón y microorganismos eficientes*. (Trabajo de titulación). Machala: Universidad Técnica de Machala.

**VINAS, M., MENDEZ, J. y JIMÉNEZ, V.** (2020). *Effect Of Foliar Applications Of Phosphites On Growth, Nutritional Status And Defense Responses In Tomato Plants*. En: *Journal Scientia Horticulturae*, Vol. 265 (Ene 2020); p. 109200.

**YÁÑEZ JUÁREZ, M. G., AYALA TAFOYA, F., PARTIDA RUVALCABA, L., VELÁZQUEZ ALCARAZ, T. D. J., GODOY ANGULO, T. P., y MEDINA LÓPEZ, R.** (2018). *Efecto in vitro*

---

de fosfito de potasio sobre *Athelia rolfsii* y *Pythium aphanidermatum*. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 9(7), 1532–1538. <https://doi.org/10.29312/remexca.v9i7.286>

**YÁÑEZ-JUÁREZ, M. G., LÓPEZ-ORONA, C. A., AYALA-TAFOYA, F., PARTIDA-RUVALCABA, L., VELÁZQUEZ-ALCARAZ, T. DE J., y MEDINA-LÓPEZ, R.** (2018). Los fosfitos como alternativa para el manejo de problemas fitopatológicos. *Mexican Journal of Phytopathology*, 36(1), 79–94. <https://doi.org/10.18781/r.mex.fit.1710-7>

**YÁÑEZ-LÓPEZ.** (2012). *The effect of climate change on plant diseases*. *African Journal of Biotechnology*, 11(10). <https://doi.org/10.5897/ajb10.2442>



# Capítulo 2: Efectos de fosfitos de calcio sobre el crecimiento y producción del cultivo de banano

## Resumen

La productividad del cultivo banano depende de varios factores dentro de los que destacan, las condiciones ambientales, la presión de enfermedades, las labores de campo y la nutrición. Se han venido implementando nuevos métodos de aplicación de fertilizantes en busca de optimizar y aumentar la eficacia de los mismos y que de esta manera haya una disminución en las pérdidas; uno de esos métodos es la inyección de inductores de resistencia al pseudotallo de la planta madre cosechada con el objetivo de que haya una translocación de los nutrientes aplicados al hijo próximo a cosechar; dentro de ellos, los fosfitos empiezan a posicionarse como una alternativa viable, ya que por ser sustancias altamente móviles, además de actuar como activadores de las defensas naturales de las plantas al ataque de patógenos aportan nutrientes como calcio, potasio, boro, magnesio entre otros. De acuerdo a lo anterior, se evaluó el efecto de la inyección de fosfitos de calcio sobre variables de crecimiento y producción en plantas de banano, complementario al efecto como inductor de resistencia frente a Sigatoka negra. Se evaluó el efecto de la aplicación de fosfito de calcio en 20 plantas de banano, midiendo altura, diámetro del pseudotallo, número de hojas a cosecha y parición, desarrollo del retorno, tiempo de parición, peso bruto y neto y número de manos por racimo. Los resultados evidenciaron diferencias significativas ( $p < 0,05$ ) para progreso en la emisión del racimo, un mayor peso bruto y un mayor peso aprovechable del racimo con respecto al testigo sin aplicación, destacándose la aplicación del Fitokal-B® sobre las plantas no tratadas.

**Palabras Claves:** pseudotallo, tiempo de parición, nutrición, desarrollo del retorno.

# 1. Introducción

En la actualidad el suministro de nutrientes en las plantaciones de banano se realiza mayoritariamente de manera edáfica, sin embargo, por este método se pueden obtener pérdidas de los nutrientes por lixiviación y volatilización, lo que conlleva a disminuir en gran porcentaje la eficiencia de los fertilizantes aplicados, lo que repercute en la afectación del crecimiento, desarrollo y producción de las plantaciones bananeras (Labarca *et al*, 2005).

En busca de agilizar el crecimiento de las plantas y de aumentar la productividad de las mismas, se han implementado nuevos métodos de aplicación de nutrientes para una mayor eficiencia en la asimilación de los mismos, entre ellos la aplicación foliar e inyectados al pseudotallo, de igual forma con sustancias que se viene usando para agilizar el desarrollo del retorno, mejorar crecimiento y el vigor del hijo (Quevedo *et al* 2019, Tuz 2018).

Los fosfitos se aplican a nivel foliar, al suelo y en el pseudotallo de las plantas madres, incrementando sustancias como las fitoalexinas que actúan en defensa del ataque de hongos fitopatógenos afectando así su crecimiento y desarrollo (Guest y Grant, 1991; Mogollón & Castaño, 2012); pero, también aportan nutrientes y contribuyen al aumento de los rendimientos de los cultivos, ya que en su formulación contienen calcio, potasio, magnesio, cobre entre otros elementos; los fosfitos una vez dentro de la planta siguen la ruta metabólica secundaria en donde generan cambios en la planta incrementando sustancias que incrementan el crecimiento, la floración y tamaño y rendimiento de los órganos de interés (Lovatt y Mikkelsen, 2006); aplicados en dosis adecuadas inciden positivamente en el crecimiento y rendimiento de las plantas (Carmona y Sautua, 2010; Achari *et al* 2017).

De acuerdo a la compañía Microfertisa SAS, Fitokal-B® es un fosfito de calcio, que contiene elementos como potasio y boro. El calcio es un elemento de mucha importancia en el cultivo, aunque la planta lo requiere en cantidades pequeñas, es un elemento de vital importancia en el crecimiento y desarrollo de la planta debido a sus funciones como activador enzimático, formación de paredes celulares y división celular, influyendo altamente en el desarrollo de nuevas hojas y raíces, es de los elementos que muy poco se mueven dentro de la planta, sin embargo al estar adherido al fosfito su movilidad es mucho más eficiente (Lopez y Espinosa, 1995). El potasio es considerado el elemento más importante en el cultivo de banano, esto debido a que es un nutriente fundamental para

catalizar procesos de mucha importancia en la planta como la fotosíntesis, respiración, formación de pigmentos clorofílicos y transporte de agua y azúcares en la planta; el boro es un nutriente esencial en la formación de paredes celulares, formación y llenado de los frutos y en el transporte de azúcares (Lopez y Espinosa, 1995). Los fosfitos se han implementado como fertilizantes foliares en plátano Dominico Hartón, mostrando resultados favorables para crecimiento de plantas (Mogollón y Castaño, 2012).

De acuerdo a lo anterior, y con el fin de buscar alternativas que impacten de manera positiva el crecimiento y los rendimientos del cultivo de banano, además de reducir la severidad de Sigatoka negra, se planteó evaluar el efecto que tiene la inyección de fosfitos de calcio en el crecimiento y producción del cultivo de banano.

## 2. Materiales y Métodos

Este segundo objetivo se obtuvo haciendo observaciones de las variables de crecimiento y producción de las plantas (R1 y R2) sometidas a los tratamientos con y sin Fitokal-B®, tal como se describió en el capítulo anterior.

Al área de estudio se le realizaron las labores agronómicas y manejo fitosanitario ya descritos en el capítulo anterior; los planes de nutrición edáfica y foliares que se describen en las tablas 6 y 7, se hicieron en base a los análisis de suelos realizados por la finca al lote donde se realizaron las aplicaciones (ANEXO E)

**Tabla 6.** Plan de Fertilización edáfica aplicado en el área estudiada.

FERTILIZACIÓN EDAFICA (Kg/Hectarea)							
PRODUCTO	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGOS	SEPT
Abotek®	110		147		166		
Sulpomag®	141						
KCI®		166					179
Calcinit®		128				147	
Urea®			108	128			
Sulfato de Potasio®				141		153	141
SAM®					115		

**Tabla 7.** Plan de Fertilización Foliar aplicado en el área estudiada.

FERTILIZACIÓN FOLIAR (Litros/Ha)						
PRODUCTO	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGOS
Quelato de Mg	0,5	0,4				
Ca/Mg	0,3					
Aminoácidos	0,5					
Extracto de Algas Marinas	0,5					
Boro y Zinc	0,4					
Potasio		1				
Aminoácidos			0,3		0,5	0,3
Quelato de Zinc			0,3			
Potasio				0,6		1
Estimulante Trihormonal				0,06		0,18
Ca/B					0,3	
Ca/Mg					0,5	
Fosforo			0,3			

## 2.1 Variables Vegetativas

Los datos de las variables fueron obtenidos a partir del hijo próximo a cosechar (R1) y en la siguiente generación (R2) solo se tuvo en cuenta la altura del retorno. Para las variables de crecimiento, fueron colectados los datos al inicio del ensayo y luego al momento de la emisión del racimo de cada planta.

**2.1.1 Altura del Retorno a Cosecha (m):** Mediante una cinta métrica se tomó la altura del hijo de la planta evaluada. Esta medida se realizó cuando la planta madre emitió el racimo.

**2.1.2 Diámetro o Grosor del Pseudotallo de la madre (cm):** Con el uso de una cinta métrica se tomaron los datos de grosor del pseudotallo del hijo a una altura de 1 m. Esta se llevó a cabo al inicio del ensayo y hasta que la planta emitió el racimo.

**2.1.3 Número de Hojas a Parición:** Se realizó el conteo del número de hojas emitidas hasta que la planta emitió el racimo.

**2.1.4 Número de Hojas a Cosecha:** Se realizó el conteo del número total de las hojas al momento de la cosecha del racimo.

## 2.2 Variables Productivas

Se tomaron los datos al momento de la emisión de la bacota y en la cosecha.

**2.2.1 Tiempo de Parición (Semanas):** A las 40 plantas del ensayo se les tomó el número de semanas que tardaron para emitir la bacota.

**2.2.2 Número de Manos (#):** Se contabilizó el número de manos de cada racimo de las plantas evaluadas.

**2.2.3 Peso Bruto del Racimo (kg):** Al momento de la cosecha, se evaluó el peso bruto del racimo, utilizando una balanza.

**2.2.4 Peso Neto del Racimo (kg):** Al momento de la cosecha, se evaluó el peso neto del racimo, utilizando una balanza.

**2.2.5 Relación Costo Beneficio:** Análisis de la relación costo beneficio de la aplicación del fosfito de calcio.

## 2.3 Modelo Estadístico.

$$y_{ij} = \mu + \tau_i + \epsilon_{ij}$$

$$i = 1, 2 \quad j = 1, 2 \dots 20 \text{ repeticiones}$$

$y_{ij}$ : = Variable respuesta para el  $i$ -ésimo tratamiento  $i = 1, 2$ , la  $j$ -ésima repetición,  $j = 1, 2 \dots 20$ .

$\mu$ : = La media general.

$\tau_i$ : = Efecto del fosfito de calcio.

Supuestos:  $\epsilon_{ij} \sim N(0, \sigma^2)$

$\epsilon_{ij}$ : = Error experimental

## 2.4 Análisis Estadístico:

La organización de los datos se realizó con el programa Excel y para el análisis de los datos se utilizó el programa R Studio versión 2022.02.1+461. Al modelo planteado anteriormente se le realizaron las pruebas de t, que es un método utilizado para comparar medias entre dos grupos independientes, además para los supuestos de normalidad y homocedasticidad, se realizaron las siguientes pruebas:

- **Prueba de Shapiro-Wilk:** Para observar si los datos siguen una distribución normal.
- **Prueba de Bartlett:** Para observar si los datos son homecedásticos o heterocedásticos.
- **Prueba t de Welch:** Para comparar medias que están normalmente distribuidas. Esta prueba se llevó a cabo en las variables con datos normales y homocedásticos.
- **Prueba t de Welch Heterocedástica:** Para datos normales, pero no homocedásticos.
- **Prueba Wilcoxon Homocedástica:** Para datos normales, pero no homocedásticos.
- **Prueba Wilcoxon Heterocedástica:** Para datos no homocedásticos y sin normalidad.

## 3. Resultados

### 3.1 Variables Vegetativas

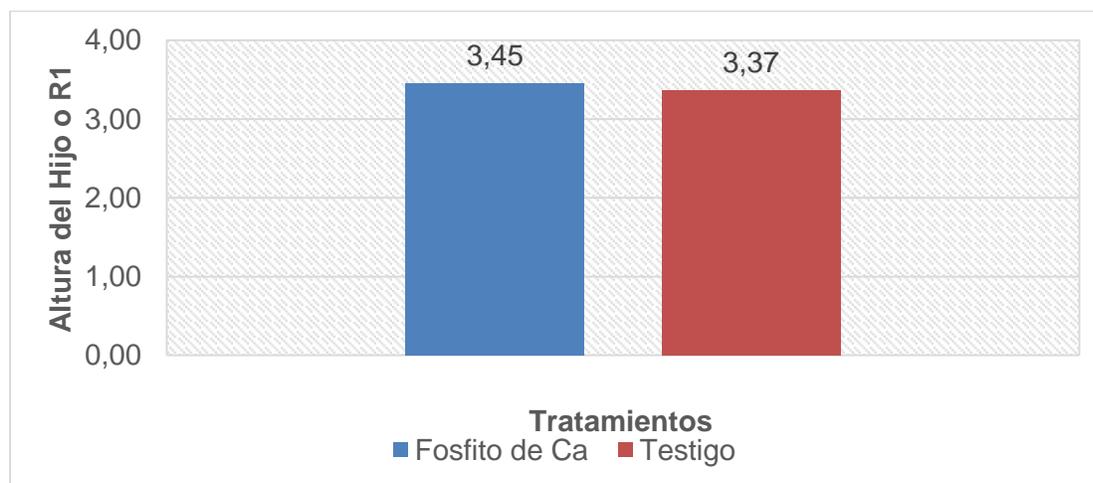
#### 3.1.1 Altura del hijo o R1

Para esta variable se encontraron diferencias altamente significativas entre las alturas de la madre del tratamiento con fosfito de calcio y el testigo sin aplicación. Después de llevar a cabo las pruebas de normalidad y homocedasticidad de los datos, se encontró que las alturas de la madre a parición no siguen una distribución normal y hay heterocedasticidad en estas, de acuerdo a lo anterior se aplicó el test de Wilcoxon y arrojó un  $p$ -valor de 0.0005633 (Tabla 8).

**Tabla 8.** Valores de medias y valores de  $P$  para variables vegetativas.

Variables	Altura Madre		Altura Hijo		DM Pseudotall		Hojas a Parición		Hojas a Cosecha	
	TRA	TES	TRA	TES	TRA	TES	TRA	TES	TRA	TES
<b>Media</b>	3,45	3,4	1,35	1	63,9	61,5	15,7	13,5	11,4	8,4
Prueba t de Welch ( $p > 0,05$ )										
Welch Heterocedástica ( $p > 0,05$ )			3,33E-03							
Wilcoxon Homocedástica ( $p > 0,05$ )							1,41E-03		6,11E-05	
Wilcoxon Heterocedástica ( $p > 0,05$ )	0.0005633				0.001605					
Diferencia Significativa	Alta		Alta		Alta		Alta		Alta	

Se evidenció una diferencia de 8 cm de altura entre las plantas sometidas a aplicación de fosfito y el testigo (Figura 6).

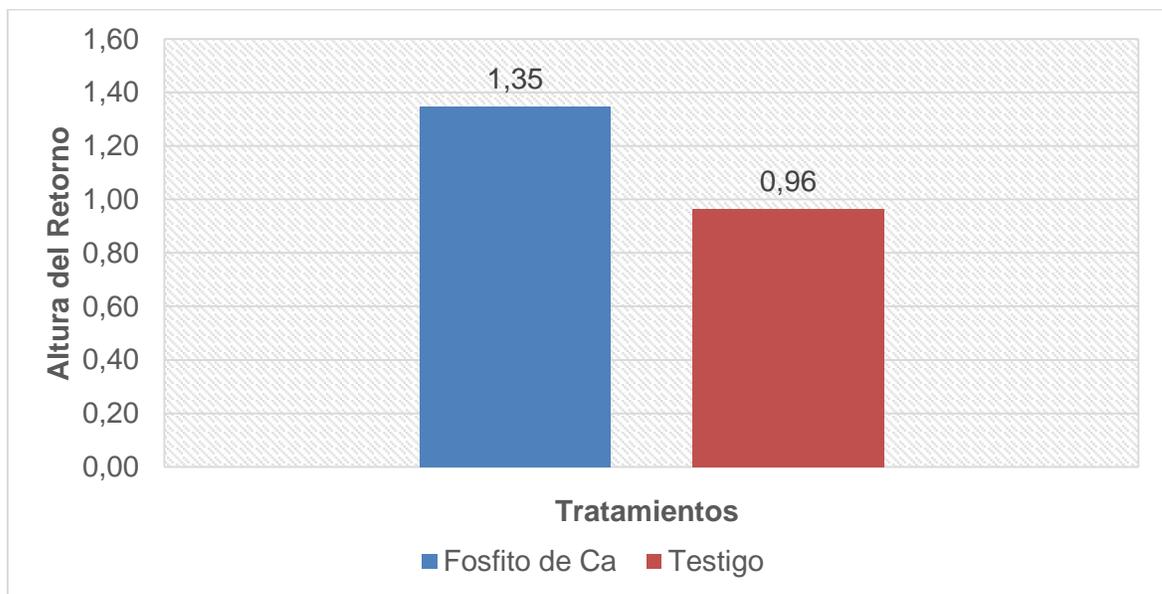


**Figura 6.** Promedio de altura del hijo o R1.

### 3.1.2 Altura del Retorno (R2) a Cosecha

Los resultados de esta variable mostraron diferencias altamente significativas entre los tratamientos evaluados. Luego de realizar las pruebas de normalidad y homocedasticidad, se encontró que los datos siguen una distribución normal, pero son heterocedasticos, de acuerdo a lo anterior se utilizó la prueba t de Welch y esta dio como resultado un  $p$ -valor de 3.333e-06 (Tabla 8).

Se encontró una diferencia de 39 cm en la altura del hijo próximo a cosechar entre las plantas tratadas con fosfitos de calcio y el testigo sin aplicación (Figura 7)

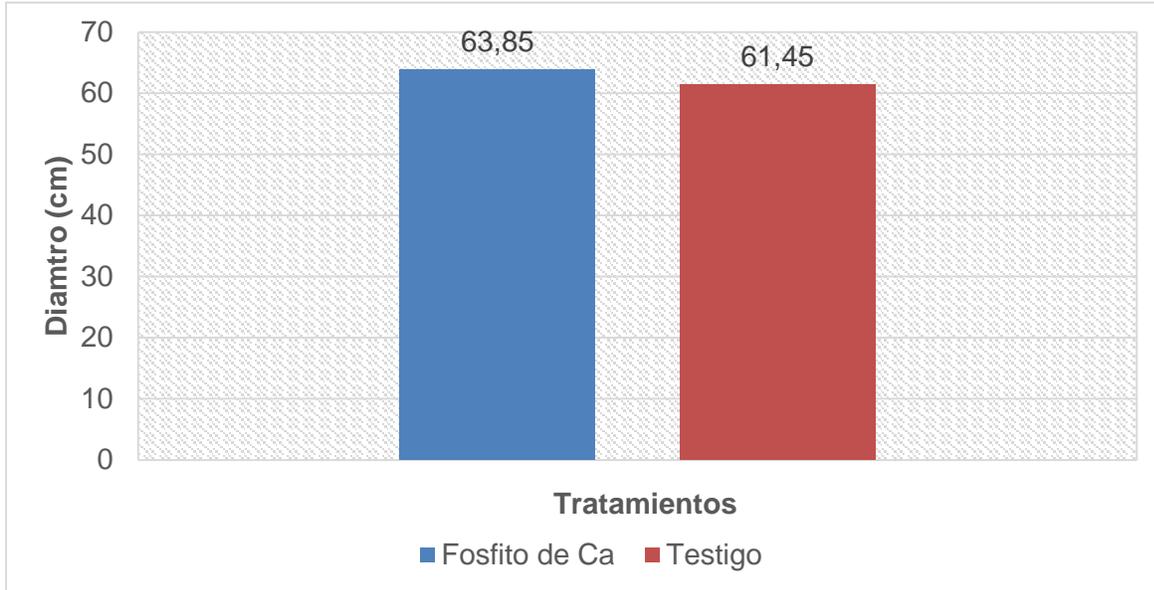


**Figura 7.** Altura promedio del retorno a cosecha.

### 3.1.3 Diámetro del Pseudotallo

Luego de analizar los datos, para esta variable se encontraron diferencias altamente significativas entre la aplicación de fosfitos de calcio y el testigo sin aplicación. Después de analizar los datos y llevar a cabo las pruebas de normalidad y homocedasticidad, se encontró que el diámetro del pseudotallo de las plantas evaluadas no siguen una distribución normal y son heterocedasticos, de acuerdo a eso se llevó a cabo el test de Wilcoxon y este nos da como resultado un  $p$ -valor de 0.001605 (Tabla 8).

La figura 8 nos muestra claramente las medias obtenidas para cada tratamiento de las mediciones del pseudotallo de las plantas evaluadas, en donde se obtuvo una diferencia entre las medias de 2,4 cm de diámetro, siendo las plantas con fosfitos de calcio las de mayor diámetro obtenido.



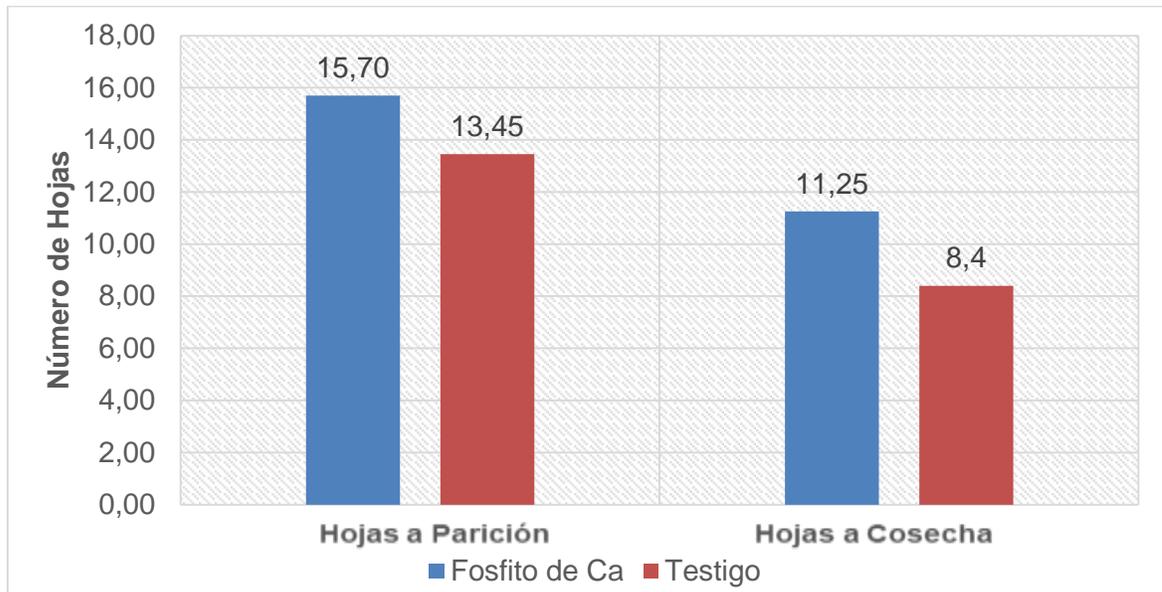
**Figura 8.** Promedio para el diámetro del pseudotallo.

### 3.1.4 Número de Hojas a Parición y a Cosecha

Tras la evaluación del número de hojas en las etapas de parición y cosecha, se encontraron diferencias significativas entre los tratamientos para ambas variables. Luego de realizar el análisis de los datos obtenidos para cada variable y al ejecutar las pruebas de normalidad y homocedasticidad, para la variable de hojas a parición la prueba estadística de Wilcoxon para datos homocedasticos, pero que no siguen una normalidad, se encontró con un  $p$ -valor  $1.409e-06$  y para la variable hojas a cosecha la prueba de Wilcoxon planteada, nos dio como resultado un  $p$ -valor de  $6.109e-08$ , lo que nos muestra una alta diferencia significativa entre los tratamientos para ambas variables.

Se pudo obtener una diferencia entre tratamientos para el número de hojas en dos etapas importantes para el cultivo de banano, se encontró el número de hojas con las que llegaron las plantas evaluadas hasta la emisión del racimo, en donde se puede evidenciar una diferencia de 2.45 hojas entre el tratamiento con aplicación del fosfito de calcio y el testigo

sin aplicación. En la etapa de cosecha, se mantuvo la tendencia vista en la etapa de emisión del racimo, sin embargo, el número de hojas con las que llegó el tratamiento fue mucho mayor al testigo, con una diferencia en hojas de 2.85.



**Figura 9.** Promedio del número de hojas a parición y a cosecha.

Los resultados anteriormente expuestos, dan como resultado un mayor número de hojas para el tratamiento en las dos etapas evaluadas, lo que lleva a mencionar que la aplicación de fosfito de calcio en plantas de banano, tiene una influencia importante en la emisión de hojas y que las plantas al momento de la cosecha tienen garantizadas un mayor número, lo que genera una mayor captación de luz, por ende una mayor tasa fotosintética, y se verá reflejado en un mejor llenado del racimo, que conlleva a un aumento en la productividad del cultivo.

## 3.2 Variables Productivas

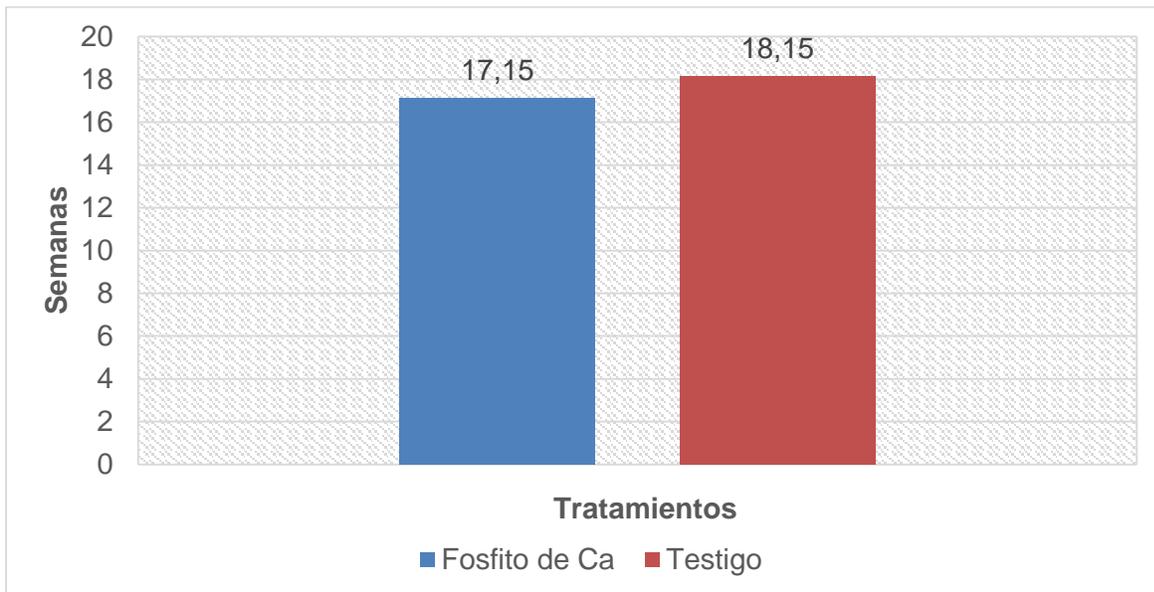
### 3.2.1 Tiempo de Parición

La variable tiempos de parición nos muestra la precocidad de las plantas evaluadas durante la investigación y para esta variable se encontraron diferencias altamente significativas entre los tratamientos evaluados. Luego de aplicar la prueba de normalidad y homocedasticidad a los datos, se encontró que los tiempos de parición siguen una distribución normal y son homocedásticos, de acuerdo a esto se implementó la prueba t de Welch dando como resultado un  $p$ -valor de 0,03898 (Tabla 9).

**Tabla 9.** Valores de medias y valores de P para variables productivas.

Variables	Tiempo de Parición		# De Manos		Peso Bruto		Peso Neto	
	TRA	TES	TRA	TES	TRA	TES	TRA	TES
<b>Media</b>	18,2	17,2	6,4	6,2	21,1	18,1	19,5	17
Prueba t de Welch ( $p > 0,05$ )	0.03898							
Welch Heterocedástica ( $p > 0,05$ )								
Wilcoxon Homocedástica ( $p > 0,05$ )			0.1441		0.04781		0.0166	
Wilcoxon Heterocedástica ( $p > 0,05$ )								
Diferencia Significativa	Alta		No Hubo		Baja		Alta	

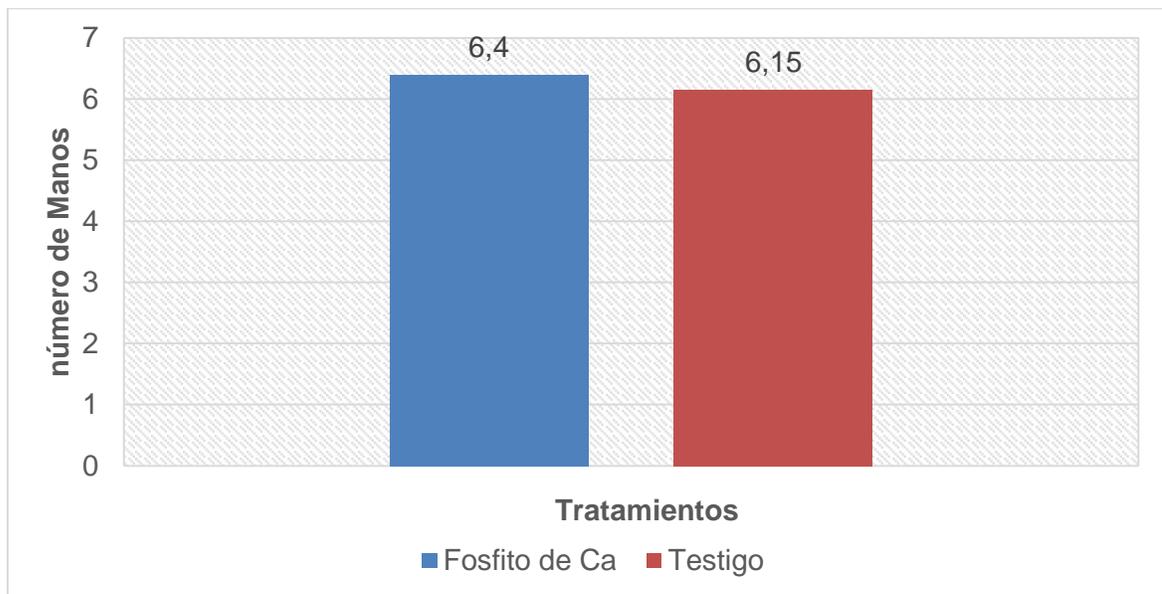
Se encontró una diferencia de una semana en los tiempos de parición de las plantas con aplicación de fosfitos de calcio y el testigo sin aplicación (Figura 10).

**Figura 10.** Promedio del número de semanas para la emisión de la bacota.

### 3.2.2 Número de Manos

De las variables evaluadas durante la investigación, el número de manos por racimo fue la única en la que no se encontraron diferencias significativas. Esto básicamente está relacionado con la labor de falseo realizado por la finca para obtener un mayor grado en las manos que se dejan en el racimo, en promedio el número de manos por racimo oscilaba entre 6 y 7. El análisis estadístico dio como resultado que los datos no llevaban una distribución normal, pero si homocedasticos, después de realizar el test de Wilcoxon se encontró con un  $p$ -valor de 0.1441 (Tabla 9).

De acuerdo a la figura 11 para el tratamiento con la aplicación del fosfito de calcio en promedio las plantas tuvieron 6,4 manos y para el testigo el promedio fue de 6,15.

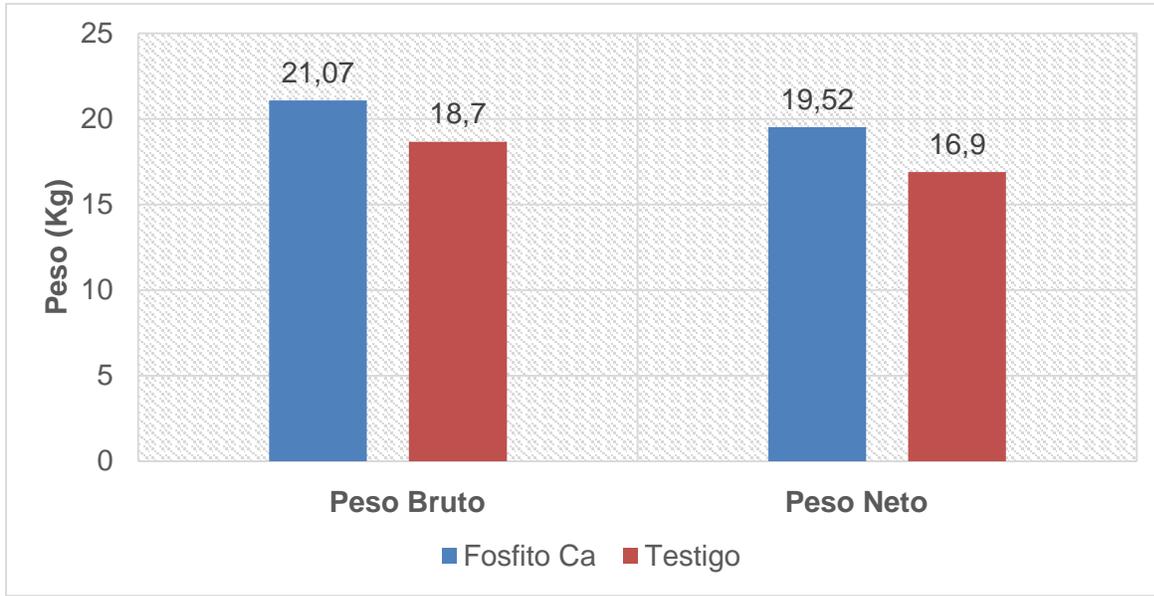


**Figura 11.** Promedio para el número de manos por racimo.

### 3.2.3 Peso Bruto y Peso Neto de Fruta

Los resultados obtenidos para las variables de peso mostraron diferencias significativas en los tratamientos evaluados para peso bruto y peso neto de los racimos. Luego de hacer el análisis estadístico a ambas variables y realizar las pruebas de normalidad y homocedasticidad, se evidenció que los pesos brutos y netos no siguen una distribución normal y son homocedasticos por lo que se llevó a cabo el test de Wilcoxon obteniendo un  $p$ -valor de 0,04781 para la variable de peso bruto y un  $p$ -valor de 0,0166 para la variable de peso neto (Tabla 9)

La figura 12 nos muestra los valores de las medias obtenidas después de pesar los racimos de las plantas evaluadas en los dos tratamientos, para la variable peso bruto, se obtuvo una diferencia de 2,37 kilos entre el tratamiento con fosfito de calcio y el testigo sin aplicación del fosfito; sin embargo, luego de restar el peso del vástago del racimo y calcular el peso neto de la fruta, se evidenció con una diferencia de 2,62 kilos de fruta.



**Figura 12.** Promedio del peso bruto y peso neto de la fruta.

### 3.2.3 Relación Costo Beneficio.

En esta variable se hizo la relación costo beneficio al tratamiento con fosfito de calcio y al testigo sin aplicación, convirtiendo a hectáreas en función del valor de la caja estándar de exportación en la Zona Bananera del Magdalena (\$ 28.463) según SPP Global (2022). Para realizar el ejercicio se tomó como referencia las 1750 plantas que contenía la hectárea en donde se hicieron las evaluaciones de esta investigación. El tratamiento con la aplicación de fosfitos de calcio tiene un costo de \$ 350.750, en este valor se encuentra incluido el costo del producto y la aplicación del mismo. Utilizando la conversión del número de racimos cosechados con las cajas obtenidas (ratio) se encontró que para el tratamiento con la aplicación de fosfitos fue de 1,07 (1873 cajas/ ha-1) y para el testigo de 0,93 (1628 Cajas/ ha-1), esto multiplicado por el precio de la caja estándar en el mercado genera un ingreso para el tratamiento de **\$ 53.296.406** y para el testigo de **\$ 46.323.044**, obteniendo una diferencia de **\$ 6.622.612** a favor del tratamiento con la aplicación de fosfitos de calcio (ANEXO D).

## 4. Discusión

Los resultados de las variables vegetativas en donde se encontraron diferencias altamente significativas en todas las variables, concuerdan con las investigaciones realizadas por Mogollón y Castaño, 2011, quienes al realizar aplicaciones de fosfitos de potasio para observar su efecto en el control de sigatoka negra, se encontraron que las plantas a las cuales se les aplicó este inductor de resistencia obtuvieron mayores alturas que los demás tratamientos, esto se debe a que la aplicación de fosfitos activa las defensas de las plantas contra el ataque de patógenos, pero además metaboliza el fosfito al fosfato y de esta manera la planta puede utilizarlo como nutriente, obteniendo un mayor crecimiento y desarrollo (EDA, 2008).

La aplicación de sustancias nutritivas al pseudotallo de las plantas cosechadas tienen un efecto positivo en el crecimiento y producción del hijo en sucesión, los resultados obtenidos en esta investigación concuerdan con los registrados por Tuz, 2018, quien, al introducir micro y macronutrientes en los pseudotallos de las plantas de banano, obtuvo buenos resultados en altura, vigor y producción del hijo (Tuz, 20128)

En otros cultivos también se han evidenciado resultados positivos en las alturas de las plantas cuando se han aplicado fosfitos, en cultivos de papa en donde se realizaron aplicaciones de fosfito de potasio se encontraron diferencias de alturas en promedio de 1,38 cm, con respecto a un testigo sin aplicación 30 días después de la siembra, evidenciando que si hubo un efecto significativo en la altura de las plantas tratadas con el producto (Chojolan, 2020). Una investigación realizada en cultivo de maíz se encontró que las plantas obtuvieron mayores alturas cuando se aplicó Muriato de Potasio, pero que cuando este se mezcló con 0,5 L/ha de Fosfitos de Calcio la altura fue mayor (Arana *et al.*, 2018). Sin embargo, existen otros estudios que difieren con los resultados obtenidos en esta investigación y en los que mencionan que los fosfitos no tiene ninguna cualidad nutritiva, así lo plantean Vinas *et al.*, 2020, en su estudio, en donde realizaron varias pruebas en cultivo de tomate hidropónico, encontrando que los fosfitos no influyeron en el aumento de biomasa en las plantas de tomate y tampoco tuvo efectos positivos en variables relacionadas con la fotosíntesis, los autores mencionan en sus resultados que realizar aplicaciones de fosfitos ayuda a la planta a activar sus defensas naturales para

defenderse del ataque de patógenos, pero que no se puede utilizar como una fuente de nutrientes ya que este no tiene ningún efecto sobre el crecimiento y la nutrición del cultivo (Vinas *et al.*, 2020).

Los resultados obtenidos en las variables de diámetro del pseudotallo, hijo próximo a cosechar y número de hojas a parición y cosecha, concuerdan con las investigaciones realizadas por *et al.* (2019); Urban (2014), quienes al aplicar fertilizantes al pseudotallo de las plantas cosechadas de banano evidenciaron diferencias significativas en las medias de los tratamientos, además manifestaron que el retorno se ve impactado positivamente en el crecimiento, lo que permite que sean eficientemente productivos, además, Urban, 2014, quien al realizar inyecciones de sustancias nutritivas a plantas de banano variedad Williams, encontró un aumento en el grosor del pseudotallo, obteniendo diferencias altamente significativas con respecto al testigo. En estudios realizados en otros cultivos encontraron resultados que concuerda con los obtenidos en esta investigación, es el planteado por Chojolan (2020), quien, tras un estudio realizado en cultivo de papa, evidenció que las aplicaciones foliares de fosfito de potasio tienen un efecto significativo en el engrosamiento de los tallos de las plantas, obteniendo una diferencia de 1,16 milímetros de diferencia con el testigo 30 días después de la siembra y después de 50 días después de la siembra la diferencia promedio fue de 1,24 milímetros con respecto al testigo sin aplicación.

Durante la su etapa vegetativa, las plantas de banano emiten un número importante de hojas, las cuales al momento de llegar a la etapa reproductiva se vuelven muy importantes, debido a que se necesita de un número de hojas representativo que ayude a llenar y sostener el racimo, en esta investigación con la aplicación de fosfitos de calcio se logró llegar un número de hojas representativo a cosecha y estos concuerda con el trabajo de Nava y Vera, 2004, en donde mencionan en su estudio que la pérdida de hojas por causas mecánicas, bióticas y abióticas en el proceso productivo del plátano, afecta considerablemente las cualidades del racimo (Calidad y Peso), siendo más importante cuando ocurre en las primeras etapas de desarrollo del mismo, es por esta razón que resulta importante llegar a parición y cosecha con el mayor número de hojas posibles.

Por otra parte, se encontraron investigaciones que no concuerdan con los resultados obtenidos en este estudio, como por ejemplo lo establecido por Flores y López (1991); López (2014), en donde se demostró que no hubo diferencias en el crecimiento y desarrollo

de las plantas a las que se les introdujo fertilizantes en el pseudotallo de las plantas evaluadas.

Para las variables productivas como número de manos se encontraron trabajos que concuerdan con los resultados obtenidos en este informe, para el número de manos en donde no hubo diferencias significativas entre tratamientos. Se halló la investigación hecha por Quevedo *et al* (2019), quienes introdujeron diferentes sustancias al pseudotallo del banano con el fin de evaluar diferentes variables, dentro de ellas el número de manos y los resultados que obtuvieron fue que no hubo diferencia significativa entre los tratamientos evaluados para esta variable, donde el promedio del número de manos en los diferentes tratamientos estuvo entre 7 y 8 manos por racimo. Por el contrario en peso de la fruta Quevedo *et al.* (2019), encontraron resultados favorables en cuanto al peso neto de la fruta de banano, cuando realizaron aplicaciones de sustancias nutritivas al pseudotallo de plantas de banano y las compararon con la fertilización edáfica, evidenciando diferencias significativas en los pesos de los tratamientos y además que cuando se aplican sustancias al pseudotallo hay un aprovechamiento del 95 % por parte del hijo de sucesión, lo que concuerda con esta investigación, donde los resultados obtenidos de peso bruto y neto, muestran una diferencia de más de 2 kilos de fruta con respecto al testigo, demostrando que la aplicación de fosfitos de calcio en plantaciones de banano si tiene un efecto en los rendimientos del cultivo. Esto concuerda con lo mencionado por Lovatt y Mikkelsen (2006), quienes al realizar una aplicación de un fosfito obtuvieron como resultado un aumento en variables como rendimiento, tamaño de los frutos y sólidos solubles totales en cultivos de cítricos y aguacate, además reportaron que las aplicaciones de fosfitos influyen en el metabolismo de azúcares, lo que da como resultado en un aumento en la intensidad floral, rendimiento y calidad de fruta en diferentes especies, incluyendo cultivos como cebolla, papa y tomate.

Otras investigaciones en donde se aplicaron sustancias nutritivas al pseudotallo de las plantas de banano, encontraron algunas diferencias en el peso de los racimos de las plantas evaluadas en comparación con los testigos. Flores y López (1991) encontraron una diferencia entre los tratamientos y el testigo de 0,60 kg. Por su parte Galvis *et al.* (2013) encontraron diferencias de 0,8 a 1 kg. Por el contrario, a esto, los resultados de la investigación discutida, muestran que la diferencia de peso fue mucho mayor.

En cultivos diferentes al banano se han encontrado resultados muy positivos en el crecimiento y producción con la utilización de fosfitos como fuentes nutricionales. En cultivo de arroz en donde se aplicó la mezcla entre un fungicida y un fosfito para el control de *Nakataea oryzae* , se encontró que las plantas tuvieron rendimientos por encima del 5% con respecto al tratamiento en el que solo se aplicó fungicida y 10% más de rendimiento que el testigo sin aplicación (Martínez, 2016).

Estudios realizados en cultivo de maíz en donde se realizaron aplicaciones de diferentes fertilizantes potásicos (Sulfato de potasio, Muriato de Potasio) y se mezclaron con fosfitos (potasio, calcio y magnesio), con el fin de determinar qué mezclas tenían mejores resultados en cuanto a crecimiento y rendimiento, los resultados arrojaron que, en la mayoría de variables, los tratamientos tuvieron diferencias con respecto al testigo. Con respecto a los mejores tratamientos de las variables que se midieron, se encontró que las plantas de maíz obtuvieron mayores alturas cuando se aplicó Muriato de Potasio, pero que cuando este se mezcló con 0,5 L/ha de Fosfitos de Calcio la altura fue mayor. En cuanto a la floración, las plantas que lo hicieron más rápido fueron las que se les aplicó Sulfato de potasio + Fosfito de calcio 0,5 L/ha y Nitrato de potasio + Fosfito de potasio 0,5 L/ha. En cuanto a la longitud de la mazorca el mejor tratamiento en donde se aplicó Nitrato de potasio más Fosfito de magnesio 1,0 L ha<sup>-1</sup>. En el diámetro el mejor tratamiento fue cuando se aplicó Nitrato de potasio más Fosfito más fosfito de potasio. Por su parte en la variable de rendimientos por hectárea, la mejor fuente fue Muriato de Potasio y el mejor Fosfito fue el de Calcio, pero el rendimiento fue aún mayor cuando este se aplicó Muriato más 1 L/ha de Fosfito de Calcio (Arana et al., 2018).

## 5. Conclusiones

Los fosfitos de calcio aplicados en plantas cosechadas, aceleran el crecimiento vegetativo, mostrando mayores alturas y vigor, impactando a las próximas generaciones, agilizando su velocidad de crecimiento y acelerando la emisión de hojas, lo que garantiza que la planta llegue a la etapa productiva con un número de hojas que garanticen el llenado y mantenimiento de la vida verde del racimo.

Las aplicaciones de fosfitos de calcio tienen un impacto positivo en las variables reproductivas y productivas. Los resultados mostraron, un progreso en la emisión del racimo, un mayor peso bruto y un mayor peso aprovechable del racimo con respecto al testigo sin aplicación. Estos resultados indican que la aplicación de fosfitos de calcio tiene un efecto en la nutrición de las plantas de banano, impactando y acelerando su crecimiento e influyendo en el aumento del peso del racimo. Además, al tener un aumento en el peso del racimo se obtiene una mayor ratio y por ende un mayor número de cajas por área cosechada, lo que garantiza un crecimiento notable en los ingresos por hectárea producida.

## 6. Referencias

**ACHARY, V., RAM, B., MANNA, M., DATTA, D., BHATT, A., REDDY, M. K., y AGRAWAL, P. K.** (2017). *Phosphite: a novel P fertilizer for weed management and pathogen control*. *Plant biotechnology journal*, 15(12), 1493–1508.

<https://doi.org/10.1111/pbi.12803>

**ARANA, Á., NAVARRETE, E., ARTEAGA, C., ARAGONE, D., VÁSQUEZ, G., CASTRO, O., VÉLEZ, M., PAREDES, J. y CABEZAS, M.** (2018). Fertilización Con Potasio Y Fosfitos, Sobre El Rendimiento De Maíz Duro (*Zea Mays*) En La Zona Subcentral Litoral. En: *Journal European Scientific Journal*, Vol. 14, No 15 (May 2018); p. 46-57.

**CARMONA M y SAUTUA F.** (2017). *La Problemática De La Resistencia De Hongos A Fungicidas. Causas Y Efectos En Cultivos Extensivos*. *Revista. Facultad de agronomía UBA*, 37(1): 1-19. <https://core.ac.uk/download/pdf/151083081.pdf>

**CHOJOLÁN, M.** (2020). *Efecto De La Aplicación Foliar De Fosfito De Potasio En Papa*. [Tesis de pregrado, Universidad Rafael Landívar]. <http://recursosbiblio.url.edu.gt/tesiseortiz/2021/06/14/Chojolan-Marvin.pdf>

**Entrenamiento Y Desarrollo De Agricultores. El Uso del Ácido Salicílico y Fosfonatos (Fosfitos) para Activar el Sistema de Resistencia de la Planta (SAR).** <https://www.yumpu.com/es/document/read/14562359/el-uso-del-acido-salicilico-y-fosfonatos-fosfitos-para->

**FLORES, C. AND C. LÓPEZ.** 1991. *Formas de colocación de fertilizante en el cultivo de banano*. pp. 3-8. In: *Book of Abstracts, Reunión Acorbat 91*. Acorbat, Villahermosa, México.

- GALVIS R, FELIPE, URIBE V, ANDRÉS, CAYÓN S, GERARDO, MAGNITSKIY, STANISLAV, y HENAO, JUAN SEBASTIÁN.** (2013). *Effect of fertilizer insertion in the harvested mother banana plant pseudostem (Musa AAA Simmonds)*. *Agronomía Colombiana*, 31(1), 103-111. Retrieved June 07, 2022, from [http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0120-99652013000100013&lng=en&tyt=es](http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0120-99652013000100013&lng=en&tyt=es)
- GUEST, D. y GRANT, B.** 1991. *The complex action of phosphonates as antifungal agents*. *Biol. Rev.* 66:159-187. <https://doi.org/10.1111/j.1469-185X.1991.tb01139.x>
- LOPEZ A., y ESPINOZA, J.** (1995). *Manual de Nutrición del Banano*. En: International Plant Nutrition Institute. (May 1995); p. 1-86.
- LOPEZ, A.** *Estudio Comparativo De Dos Alternativas Nutricionales Inyectadas En Plantas De Banano (Musa Aaa) En El Cantón Milagro, Provincia Del Guayas*. Guayaquil. Universidad de Guayaquil, 2014. 1-63p.
- LOVATT, C. y MIKKELSEN, R.** (2006). *Phosphite fertilizers: What are they? Can you use them? What can they do?* <https://www.researchgate.net/publication/285132974>
- MARTÍNEZ, S.** (2016). *Effects of combined application of potassium phosphite and fungicide on stem and sheath disease control, yield, and quality of rice*. *Crop Protection*, 89, 259–264. <https://doi.org/10.1016/j.cropro.2016.08.002>
- MOGOLLÓN ORTIZ, À., y CASTAÑO ZAPATA, J.** (2011). *Efecto De Inductores De Resistencia En Plántulas De Plátano Dominico-Hartón*. *Rev. Acad. Colomb. Cienc*, 35(137), 464–471.
- NAVA, C, y VERA, J.** (2004). *Relation of leaves numbers a florewing time and wasted at reproductive cycle with bunch weight in plantain bunch plants under black Sigatoka attack*. *Revista de la Facultad de Agronomía*, 21(4), 336-343. [http://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0378-78182004000400003&lng=en&tyt=es](http://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0378-78182004000400003&lng=en&tyt=es).
- QUEVEDO J., DELGADO, I., y GARCÍA, R.** (2019). *Evaluación de la aplicación de fertilizante al pseudotallo de plantas cosechadas de banano (Musa x paradisiaca L.) Y su efecto en la velocidad de crecimiento del hijo retorno*. *Revista Científica Agroecosistemas*, 7(2), 190-197. <https://orcid.org/0000-0003-2403-0135>
- TUZ GUNCAY, I. G.** (2018). *Manejo integrado del cultivo de banano (Musa x paradisiaca L.) clon Williams, usando biocarbón y microorganismos eficientes*. [Tesis de titulación inédita]. Universidad Técnica de Machala.

---

**VINAS, M., MENDEZ, J. y JIMÉNEZ, V.** (2020). *Effect Of Foliar Applications Of Phosphites On Growth, Nutritional Status And Defense Responses In Tomato Plants*. En: *Journal Scientia Horticulturae*, Vol. 265 (Ene 2020); p. 109200.

**URBAN, N.** 2014. *Aplicación De Soluciones Nutritivas Inyectadas Y En Drench Más La Adición De Leonardita En El Cultivo De Banano (Musa Aaa.) Variedad Williams*. Universidad De Guayaquil Facultad De Ciencias Agrarias. Ecuador.  
<http://repositorio.ug.edu.ec/bitstream/reduq/6056/1/URBANViejoNESTOR.pdf>



### 3. Conclusiones

La aplicación de fosfitos de calcio (Fitokal-B®), redujo de manera significativa la expresión de la sigatoka negra (*Pseudocercospora fijiensis*) en comparación con el testigo sin aplicación. Hasta la emisión de la bacota el promedio ponderado de infección para las plantas con el tratamiento fue de 0.9226 y para el testigo sin aplicación de 1.1174, lo que demuestra que hubo una respuesta por parte de la planta a la aplicación del fosfito, lo que estimuló a una mayor generación de metabolitos secundarios como las fitoalexinas, que activan los mecanismos de defensa de las plantas en respuesta al ataque de hongos fitopatógenos. Gracias a la eficiencia del fosfito de calcio, las plantas tratadas mostraron la enfermedad en las hojas más viejas, encontrando los primeros síntomas de la enfermedad en promedio entre las hojas 7 y 8 para el tratamiento y 5 y 6 para el testigo sin aplicación.

La baja incidencia de la enfermedad en las plantas tratadas repercute en el número de hojas con las que las plantas llegan a las etapas de emisión del racimo y la cosecha. Se encontró una amplia diferencia significativa en el número de hojas en estas dos etapas, en donde el tratamiento con el fosfito estuvo 2,25 hojas promedio por encima del testigo sin aplicación y que esta diferencia se amplió al momento de la cosecha, mostrando una diferencia de 2,85 hojas promedio por planta. Lo anterior indica que el fosfito además de afectar la expresión del *P. fijiensis*, tiene un impacto directo en la emisión de hojas y de la sanidad de las mismas.

Aplicar fosfitos de calcio al pseudotallo de madres cosechadas para estimular el crecimiento de la próxima generación da resultados significativos en variables vegetativas. Para la altura de la madre se obtuvo en promedio alturas de 3,47 m para el tratamiento y 3,37 m para el testigo. Para el diámetro del pseudotallo, las plantas tratadas mostraron un mayor vigor con respecto al testigo, alcanzando en promedio una diferencia de 2,5 centímetros en el diámetro, por su parte para el hijo de la madre evaluada se encontraron resultados importantes en cuanto a la velocidad de crecimiento y desarrollo del mismo, mostrando diferencias amplias entre el tratamiento (1,35 m) y el testigo (0,96 m), evidenciando una diferencia de altura promedio de 40 centímetros entre los tratamientos, lo que refleja que la aplicación del Fitokal-B®, tiene incidencia en el crecimiento y desarrollo

vegetativo de la planta madre y además impacta las próximas generaciones del cultivo de banano.

Una planta que puede defenderse de manera eficiente del ataque de un agente patógeno, es una planta que sufre menos estrés por este motivo y esto repercute en un mejor desarrollo y una mayor producción, así quedó evidenciado en esta investigación, en donde se encontraron diferencias significativas en las variables productivas evaluadas. Para la variable de tiempo de parición, hubo un efecto positivo de la aplicación del fosfito de calcio, ya que las plantas a las cuales se les aplicó tuvieron una emisión mucho más rápida que el testigo, emitiendo el racimo en promedio una semana antes. Por su parte en el peso del racimo también se encontraron diferencias, en el peso bruto la diferencia encontrada entre tratamientos fue de 2,37 kilogramos a favor del tratamiento con fosfito de calcio y en el peso neto aprovechable la diferencia fue mayor a favor del fosfito, mostrando una diferencia de 2,62 kilogramos, lo que nos indica que la aplicación de Fitokal-B®, si tiene un efecto sobre el tiempo de pación de las plantas y sobre el peso de la fruta de las plantas de banano.

Se concluye los fosfitos de calcio (Fitokal-B®) inyectados al pseudotallo de las plantas madres cosechadas, pueden funcionar como un complemento para el manejo y control de la sigatoka negra, que además es sostenible con el medio ambiente y que influye en el desarrollo vegetativo y productivo de las plantas de banano, por lo que se puede utilizar con una doble funcionalidad, como un activador de defensa vegetal para contrarrestar el ataque de agentes fitopatógenos y además como una fuente nutricional que aumenta el crecimiento vegetativos y además tiene un efecto sobre el peso de la fruta de las plantas de banano.

## A. Anexo: Datos recolectados de PPI y HMJE para tratamiento con fosfito de calcio y testigo sin aplicación.

**Tabla A1:** Datos obtenidos para las variables de Promedio Ponderado de Infección y Hoja Más Joven Enferma de los dos tratamientos.

Tratamientos	Semanas	PPI	HMJE
T1	1	0,088	5,00
T1	2	0,152	6,21
T1	3	0,241	6,65
T1	4	0,321	6,75
T1	5	0,444	6,95
T1	6	0,58	6,85
T1	7	0,7	6,85
T1	8	0,887	7,15
T1	9	1,033	7,25
T1	10	1,181	7,10
T1	11	1,385	6,95
T1	12	1,486	6,80
T1	13	1,553	6,75
T1	14	1,828	6,60
T1	15	1,96	6,45
T2	1	0,09	5,00
T2	2	0,189	5,70
T2	3	0,324	5,85
T2	4	0,465	5,75
T2	5	0,602	5,60
T2	6	0,751	5,85
T2	7	0,947	5,90
T2	8	1,125	5,95
T2	9	1,288	6,20
T2	10	1,5	6,25
T2	11	1,65	6,30
T2	12	1,701	6,20
T2	13	1,855	6,15
T2	14	2,047	6,10
T2	15	2,227	6,10



## B. Anexo: Datos de variables vegetativas y productivas.

Tabla B1. Datos de variables vegetativas y productivas para el Tratamiento 1 (Aplicación de Fitokal-B®)

Plantas	Tratamientos	Altura Madre	DM Pseudotallo	Altura Retorno	Semanas a Parición	Hojas a Parición	Hojas a Cosecha	Manos	Peso Bruto	Vastago	Peso Neto
1	T1	3,45	64	1,2	17	16	12	7	20	1,8	18,2
2	T1	3,47	65	1,2	17	16	12	6	22,8	2,2	20,6
3	T1	3,45	62	1,5	15	16	11	7	18	2,9	15,1
4	T1	3,45	64	1,4	18	17	13	6	22,3	3,2	19,1
5	T1	3,45	62	1,3	16	15	12	7	23	2,5	20,5
6	T1	3,4	63	1,35	15	15	12	7	21,5	2,8	18,7
7	T1	3,4	62	1,25	20	14	10	6	19,5	2	17,5
8	T1	3,45	65	1,5	18	15	11	7	23,5	2,8	20,7
9	T1	3,6	63	1,05	19	15	10	7	23,5	2,5	21
10	T1	3,48	65	1,25	15	17	11	7	23,3	2,2	21,1
11	T1	3,45	64	1,42	16	15	10	7	22	2,2	19,8
12	T1	3,45	64	1,25	16	16	11	7	23,5	2,4	21,1
13	T1	3,48	65	1,26	18	16	11	7	22,8	2	20,8
14	T1	3,42	62	1,4	17	16	10	6	17,2	1,8	15,4
15	T1	3,45	63	1,4	16	16	10	6	20	2,5	17,5
16	T1	3,47	65	1,55	19	16	13	7	22,2	2,8	19,4
17	T1	3,35	62	1,38	19	13	10	0	0	0	0
18	T1	3,45	64	1,2	17	16	11	7	28	3,5	24,5
19	T1	3,47	68	1,8	18	17	12	7	24,5	3,2	21,3
20	T1	3,48	65	1,3	17	17	13	7	23,8	2,8	21

**Tabla B2.** Datos de variables vegetativas y productivas para el Tratamiento 2 (Testigo Sin Aplicación)

Plantas	Tratamientos	Altura Madre	DM Pseudotallo	Altura Retorno	Semanas a Parición	Hojas a Parición	Hojas a Cosecha	Manos	Peso Bruto	Vastago	Peso Neto
1	T2	3,4	61	0,85	20	13	8	6	17	2,8	14,2
2	T2	3,4	60	1,2	20	14	9	6	20	2,5	17,5
3	T2	3,42	62	1,3	19	13	8	7	24,5	2,8	21,7
4	T2	3,4	64	1	19	13	9	7	21,2	3	18,2
5	T2	3,45	60	1,1	17	14	10	6	22,5	3,5	19
6	T2	3,45	64	1,25	16	15	9	6	18,8	2,8	16
7	T2	3,3	61	0,75	19	14	9	6	21,5	2,8	18,7
8	T2	3,35	60	1,05	17	13	9	7	23,5	3,2	20,3
9	T2	3,3	62	1,5	21	12	8	7	20	2,2	17,8
10	T2	3,45	64	0,5	15	13	8	6	18	2,5	15,5
11	T2	3,3	60	0,8	19	14	8	7	20,5	2,4	18,1
12	T2	3,45	62	1	17	13	8	6	17,5	2,4	15,1
13	T2	2,8	51	0,5	18	12	7	0	0	0	0
14	T2	3,35	60	1,08	19	14	8	6	21,2	2,8	18,4
15	T2	3,45	65	0,75	19	15	9	7	23,5	2,8	20,7
16	T2	3,4	64	0,8	16	13	8	7	22	2,2	19,8
17	T2	3,35	62	0,7	18	14	8	7	19,2	3	16,2
18	T2	3,45	64	1	18	14	8	7	19,8	2,8	17
19	T2	3,43	63	1	18	12	9	6	20	3,2	16,8
20	T2	3,45	60	1,15	18	14	8	6	19,6	2,6	17

## C. Anexo: Ilustraciones de la investigación.



Figura 1B. Proceso de aplicación del fosfito de calcio en las plantas evaluadas.



Figura 2B. Registro de Pesos de racimos cosechados.



Figura 3B. Peso del vástago para el cálculo del peso neto del racimo.

## D. Anexo: Relación Costo/Beneficio.

**Tabla D1:** Relación Costo/Beneficio de 1 Hectárea de banano con la aplicación de fosfito de calcio en comparación con el testigo sin aplicación.

TRAT.	Costo de Tra/ha-1	Ciclos	Costo Aplicación	Costo Apl/ha-1	Costo Total/ha-1	Racimos Cosechados	Ratio	Cajas 17 Kg	Valor Caja	Ingresos	Costo Beneficio/Ha	Diferencia
<b>Fitokal B</b>	\$ 172.250	1	\$102/Planta	\$ 178.500	\$ 350.750	1750	1,07	1873	\$ 28.463	\$ 53.296.406	\$ 52.945.656	\$ <b>6.622.612</b>
<b>Testigo</b>	\$ -	0	0	\$ -	\$ -	1750	0,93	1628	\$ 28.463	\$ 46.323.044	\$ 46.323.044	



# E. Anexo: Análisis de Suelos y Foliare

17/12/2020

S-53089 1 Inversiones Uchi S.a.s

Código: F-PA-06  
Versión: 02  
Página 1 de 2

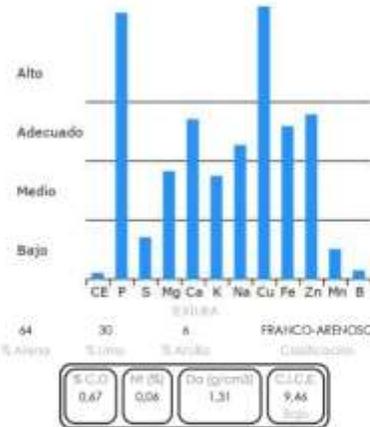


## RESULTADO DE ANÁLISIS DE SUELO

Propietario: Luz Elena Salano  
Asistente Técnico: Alexander Boja  
Municipio: Zona Bananera  
Departamento: Magdalena  
Teléfono: 4216890  
Dirección: Cr 1 22 58 Of 803 Ed Bahía Centro Br Belavista  
Ciudad: Zona Bananera

Fincas: La Corona  
Lote: 1  
Cultivo: Banano  
Fecha de ingreso: Jueves, 26 de Noviembre de 2020  
Fecha de resultado: Viernes, 11 de Diciembre de 2020  
Fecha de informe: Jueves, 17 de Diciembre de 2020  
Nº. Muestra: S-53069

PARAMETROS	RESULTADOS	INTERPRETACIÓN
<b>REACCIÓN</b>		
pH	4.45	Ligeramente Acido
<b>ELEMENTOS MAYORES</b>		
Fósforo (P) (mg/kg)	59.44	Alto
Potasio (cmol/kg)	0.22	Medio
<b>ELEMENTOS SECUNDARIOS</b>		
Azufre (S) (mg/kg)	6.66	Bajo
Magnesio (cmol/kg)	2.04	Medio
Calcio (cmol/kg)	6.96	Adecuado
<b>ELEMENTOS MENORES</b>		
Cobre (mg/kg)	29.19	Alto
Hierro (mg/kg)	54.78	Adecuado
Zinc (mg/kg)	3.07	Adecuado
Manganeso (mg/kg)	4.87	Bajo
Boro (mg/kg)	0.04	Bajo
<b>SALINIDAD Y SODICIDAD</b>		
C.E. (ds/m)	0.15	Normal
Sodio (cmol/kg)	0.24	Adecuado
% Na	2.54	Ideal



**Nota:** Los resultados corresponden únicamente a la muestra procesada en el laboratorio y no a otro material de la misma procedencia. Los informes de análisis y cartones de muestra permanecerán en archivo por seis meses a partir de la emisión del resultado. Cualquier reclamo o sugerencia favor comunicarlo a la Dirección de Laboratorio.

*Yhonatan Javier Higuera*

Laboratorio - Yhonatan Javier Higuera  
Hurtado

Profesional Responsable

Este certificado puede ser verificado ingresando a <http://www.tecnianalisis.app/validar> - código de validación: S-53089-AS4

Dirección: Calle 73 # 20-81 - PBX: (57 1) 217 1903 - (57 1) 545 8172 - [www.tecnianalisis.com](http://www.tecnianalisis.com)  
E-mail: [tecnianalisis@tecnianalisis.com](mailto:tecnianalisis@tecnianalisis.com) - Bogotá D.C., Colombia, Sur América

*Laura Urbe Triana*

Quím. Laura Urbe Triana  
Directora de laboratorio TP PQ-2676



17/12/2020

F-9074 1 Inversiones Uchi S.a.s.

Código: F-PA-09  
Versión: 02  
Página 2 de 2

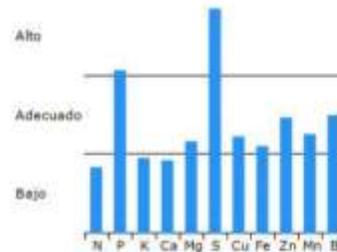


### RESULTADO DE ANÁLISIS FOLIAR

Propietario: Luz Bena Solano  
Asistente Técnico: Alexander Borja  
Municipio: Zona Bananera  
Departamento: Magdalena  
Teléfono: 4216890  
Dirección: Cr 1 22 58 Of 803 Ed Bahía Centro Sr Bellavista  
Ciudad: Zona Bananera

Finca: La Corona  
Lote: 1  
Cultivo: Banano  
Fecha de ingreso: Jueves, 26 de Noviembre de 2020  
Fecha de resultado: Miércoles, 9 de Diciembre de 2020  
Fecha de informe: Miércoles, 9 de Diciembre de 2020  
NP, Muestra: F-9074

PARÁMETROS	RESULTADOS	INTERPRETACIÓN
<b>ELEMENTOS MAYORES (%)</b>		
Nitrógeno Total (N) %	2.36	Bajo
Fósforo (P) %	0.41	Alto
Potasio (K) %	2.90	Bajo
<b>ELEMENTOS SECUNDARIOS (%)</b>		
Calcio (Ca) %	0.54	Bajo
Magnesio (Mg) %	0.28	Adecuado
Azúcar (S) %	0.33	Alto
<b>ELEMENTOS MENORES (PPM)</b>		
Cobre (Cu) ppm	9.74	Adecuado
Hierro (Fe) ppm	83.33	Adecuado
Zinc (Zn) ppm	26.83	Adecuado
Manganeso (Mn) ppm	312.59	Adecuado
Boro (B) ppm	31.42	Adecuado



#### RELACIONES IÓNICAS

(Ca+Mg)/K= 0.28: (Ideal)	Mg/K= 0.10: (Ideal)	Ca/Mg= 1.93: (Def Ca)
Ca/S= 170.78: (Def Ca)	Fe/Mn= 0.27: (Ideal)	P/Zn= 152.93: (Def Zn)
K/(Ca+Mg)= 3.54: (Def Ca Mg)	N/P= 5.76: (Def P)	N/K= 0.81: (Def N)

Observaciones del laboratorio:

Fin del informe.

Yhonatan Javier Figuera

Laboratorio - Yhonatan Javier Figuera  
Hurtado

Profesional Responsable

Este certificado puede ser verificado ingresando a <http://www.tecnianalisis.app/validar> - código de validación: F-9074-1716

Dirección: Calle 73 # 20-81 - PBX: (57 1) 217 1903 - (57 1) 545 8172 - [www.tecnianalisis.com](http://www.tecnianalisis.com)  
E-mail: [tecnianalisis@tecnianalisis.com](mailto:tecnianalisis@tecnianalisis.com) - Bogotá D.C., Colombia, Sur-América

Laura Uribe Triana

Quím. Laura Uribe Triana  
Directora de laboratorio TP-PQ-2676

17/12/2020

F-9074 1 Inversiones Uchi S.a.s.

Código: F-FA-09  
 Versión: 02  
 Página 1 de 2



### RESULTADO DE ANÁLISIS FOLIAR

Propietario: Luz Bena Solano  
 Asistente Técnica: Alexander Borja  
 Municipio: Zona Bananera  
 Departamento: Magdalena  
 Teléfono: 4216890  
 Dirección: Cr 1 22 58 Of 803 Ed Bahía Centro Sr Belavista  
 Ciudad: Zona Bananera

Finca: La Corona  
 Lote: 1  
 Cultivo: Banano  
 Fecha de ingreso: Jueves, 26 de Noviembre de 2020  
 Fecha de resultado: Miércoles, 9 de Diciembre de 2020  
 Fecha de informe: Miércoles, 9 de Diciembre de 2020  
 I.P. Muestra: F-9074

ELEMENTOS MAYORES (%)	Nitrógeno (N) 0.41	Nitrógeno Total (Nt) 2.36	Fósforo (P) 2.90	Sodio (Na) 0.01
ELEMENTOS SECUNDARIOS (%)	Azufre (S) 0.33	Calcio (Ca) 0.54	Magnesio (Mg) 0.28	
ELEMENTOS MENORES (PPM)	Boro (B) 31.62	Cobre (Cu) 9.74	Hierro (Fe) 83.33	Manganeso (Mn) 312.59
OTROS ELEMENTOS	Zinc (Zn) 26.81			
	Cenizas 16.83			

**Nota:** Los resultados de análisis corresponden únicamente a la muestra procesada en el laboratorio y no a otro material de la misma procedencia. N.D. No Detectable

#### METODOLOGÍAS:

Nitrógeno (N): Kjeldahl - Colorimetría  
 Fósforo (P): Digestión Húmeda - Colorimetría ppm = (%) \* 10000  
 Ca, Mg, Na, K, Cu, Fe, Zn, Mn: Digestión Húmeda - Absorción Atómica Pct(%) = ppm/10000  
 Boro (B), Azufre (S): Digestión Húmeda - Colorimetría mg = kg-1 = ppm  
 Silicio (Si), Aluminio (Al): Digestión Húmeda - Absorción Atómica  
 Cenizas: Calcinación

CONVERSIONES: ppm = (%) \* 10000 Pct(%) = ppm/10000

SINCEB - 11111  
 Yhonatan Javier Figueroa

Laboratorio - Yhonatan Javier Figueroa  
 Hurtado

Profesional Responsable

Este certificado puede ser verificado ingresando a <http://www.tecnianalisis.app/validar> - código de validación: F-9074-1716

Dirección: Calle 73 # 20-81 - PBX: (57 1) 217 1903 - (57 1) 545 8172 - [www.tecnianalisis.com](http://www.tecnianalisis.com)  
 E-mail: [tecnianalisis@tecnianalisis.com](mailto:tecnianalisis@tecnianalisis.com) - Bogotá D.C., Colombia, Sur América

SINCEB - 11111  
 Laura Uribe Triana

Quím. Laura Uribe Triana  
 Directora de laboratorio IP: PQ-2676

## Bibliografía

**ACHARY, V., RAM, B., MANNA, M., DATTA, D., BHATT, A., REDDY, M. K., y AGRAWAL, P. K.** (2017). *Phosphite: a novel P fertilizer for weed management and pathogen control*. *Plant biotechnology journal*, 15(12), 1493–1508. <https://doi.org/10.1111/pbi.12803>

**ALVAREZ, P., GARCIA, R., MORA, M. y GONZÁLEZ, J.** (2015). *Fosfitos De Potasio Como Alternativas De Manejo Del Mildiu Velloso Del Rosal (Rosa spp.)*. En: *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, Vol. 9, No 8 (Nov-Dic.2018); p. 1577-1589.

**ARANA, Á., NAVARRETE, E., ARTEAGA, C., ARAGONE, D., VÁSQUEZ, G., CASTRO, O., VÉLEZ, M., PAREDES, J. y CABEZAS, M.** (2018). *Fertilización Con Potasio Y Fosfitos, Sobre El Rendimiento De Maíz Duro (Zea Mays) En La Zona Subcentral Litoral*. En: *Journal European Scientific Journal*, Vol. 14, No 15 (May 2018); p. 46-57.

**Asociación de Bananeros del Magdalena y La Guajira.** *Informe De Gestión 2019*. <https://www.asbama.com/administrador/img/informes/informes/76.pdf>

**Asociación de Bananeros de Colombia.** *Coyuntura Bananera 2021*. <https://augura.com.co/wp-content/uploads/2022/04/COYUNTURA-BANANERA-2021.pdf>

**CAMPO-ARANA, R. O., VÉLEZ-L, S. M., BARRERA-V. J. L.** (2020). *The black leaf streak Mycosphaerella fijiensis Morelet, in plantain and banana crops: a Review*. *Fitopatología Colombiana* 44(2): 61-66.

**CARMONA M y SAUTUA F.** (2017). *La Problemática De La Resistencia De Hongos A Fungicidas. Causas Y Efectos En Cultivos Extensivos*. *Revista. Facultad de agronomía UBA*,37(1): 1-19. <https://core.ac.uk/download/pdf/151083081.pdf>

**CIAT y FAO.** (2013). *La Sigatoka Negra En Plátano Y Banano, Guía Para El Reconocimiento Y Manejo De La Enfermedad, Aplicado A La Agricultura*

**CHOJOLÁN, M.** (2020). *Efecto De La Aplicación Foliar De Fosfito De Potasio En Papa*. [Tesis de pregrado, Universidad Rafael Landívar]. <http://recursosbiblio.url.edu.gt/tesiseortiz/2021/06/14/Chojolan-Marvin.pdf>

**CHURCHILL A.C.L.** (2011). *Mycosphaerella fijiensis, the black leaf streak pathogen of banana: progress towards understanding pathogen biology and detection, disease development, and the challenges of control*. MOLECULAR PLANT PATHOLOGY. 12(4), 307–328

**CROUS, P., CARLIER, J., ROUSSEL, V., & GROENEWALD, J.** (2021). *Pseudocercospora and allied genera associated with leaf spots of banana (Musa spp.)*. *Fungal Systematics and Evolution*, 7, 1–19. <https://doi.org/10.3114/fuse.2021.07.01>

**Departamento Administrativo Nacional de Estadística.** *Encuesta nacional agropecuaria, Colombia.*

<https://www.dane.gov.co/index.php/estadisticasportema/agropecuaria/encuestanacional-agropecuaria-ena#anexos>

**Entrenamiento Y Desarrollo De Agricultores.** *El Uso del Ácido Salicílico y Fosfonatos (Fosfitos) para Activar el Sistema de Resistencia de la Planta (SAR).*

<https://www.yumpu.com/es/document/read/14562359/el-uso-del-acido-salicilico-y-fosfonatos-fosfitos-para->

**Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación.** *Análisis Del Mercado Del Banano, Panorama General De febrero De 2020.*

<https://www.fao.org/3/ca9212es/ca9212es.pdf>

**FLORES, C. AND C. LÓPEZ.** 1991. *Formas de colocación de fertilizante en el cultivo de banano*. pp. 3-8. In: Book of Abstracts, Reunión Acorbat 91. Acorbat, Villahermosa, México.

**GALVIS R, FELIPE, URIBE V, ANDRÉS, CAYÓN S, GERARDO, MAGNITSKIY, STANISLAV, y HENAO, JUAN SEBASTIÁN.** (2013). *Effect of fertilizer insertion in the harvested mother banana plant pseudostem (Musa AAA Simmonds)*. *Agronomía Colombiana*, 31(1), 103-111. Retrieved June 07, 2022, from [http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0120-99652013000100013&lng=en&ty=art](http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0120-99652013000100013&lng=en&ty=art)

**GARCÍA, K., CAMACHO, M., y MATA, X.** (2018). *Efecto de fosfitos de potasio sobre Phytophthora sp. y parámetros de crecimiento en plantas de piña (Ananas comosus var. comosus)*. *AgroInnovación*, 1(1), 10–24. <https://doi.org/10.18860/rath.v1i1.3923>

**GASPAROTTO, L., CLÉRIO, J., PEREIRA, R., URBEN, A. F., HANADA, R. E., PEREIRA, M. C. N., GASPAROTTO, L., HANADA, A. F., PEREIRA, R. E. y, y HELICONIA, M. C. N.** (2005). *Heliconia psittacorum: Hospedeira de Mycosphaerella fijiensis, Agente Causal da Sigatoka-Negra da Bananeira.* Fitopatol. bras. Vol. 30(4):423-425. <https://doi.org/10.1590/S0100-41582005000400016>

**GÓMEZ, D. E., REIS, E. M., SÁENZ PEÑA, R., & DE CHACO, P.** (2011). *Inductores abióticos de resistencia contra fitopatógenos.* Revista Química Viva. Número 1, año 10, abril 2011. <http://www.quimicaviva.qb.fcen.uba.ar/v10n1/gomez.pdf>

**GUEST, D., y GRANT, B.** (1991). *The complex action of phosphonates as antifungal agents.* Biological Reviews of the Cambridge Philosophical Society, 66(2), 159–187. <https://doi.org/10.1111/j.1469-185X.1991.tb01139.x>

**GUZMÁN, M; OROZCO-SANTOS, M; PÉREZ, L. (2013).** *Las enfermedades Sigatoka de las hojas de banano: dispersión, impacto y evolución de las estrategias de manejo de América latina y el Caribe.* XX Reunión internacional de asociación para la cooperación en búsqueda y desenvolvimiento integral de Musáceas (banano y plátano). Fortaleza, Brasil. 98-116p

**HINCAPIÉ, A.** (2003). *Efecto del ácido salicílico y acibenzolar-s-metil como inductores de resistencia a Sigatoka Negra (Mycosphaerella fijiensis Morelet) en banano.* Medellín. Trabajo de grado Ingeniera Agrónoma. Universidad Nacional de Colombia, Facultad de Ciencias Agropecuarias

**INTAGRI.** (2017). *Fosfito Como Bioestimulante En La Agricultura. Serie Nutrición Vegetal Núm. 99. Artículos Técnicos De Intagri. México. 4 P.* Extraído de <https://www.intagri.com/articulos/nutricion-vegetal/fosfito-como-bioestimulante-en-la-agricultura>

**LEMA M. C.** (2009). *Evaluación del Fosfito de Potasio (Foscrop PK®) como inductor de resistencia en plátano (Musa AAB) para el control de Sigatoka negra (Mycosphaerella fijiensis Morelet) en lotes comerciales del departamento del Quindío.* Armenia, Colombia. Trabajo de Grado Bióloga. Universidad del Quindío. 72 p.

**LOPEZ A., y ESPINOZA, J.** (1995). *Manual de Nutrición del Banano*. En: International Plant Nutrition Institute. (May 1995); p. 1-86.

**LOPEZ, A.** *Estudio Comparativo De Dos Alternativas Nutricionales Inyectadas En Plantas De Banano (Musa Aaa) En El Cantón Milagro, Provincia Del Guayas*. Guayaquil. Universidad de Guayaquil, 2014. 1-63p.

**LOVATT, C. y MIKKELSEN, R.** (2006). *Phosphite fertilizers: What are they? Can you use them? What can they do?* <https://www.researchgate.net/publication/285132974>

**LUNA-MORENO, D., SÁNCHEZ-ÁLVAREZ, A., ISLAS-FLORES, I., CANTO-CANCHE, B., CARRILLO-PECH, M., VILLARREAL-CHIU, J. F., y RODRÍGUEZ-DELGADO, M.** (2019). *Early detection of the fungal banana black sigatoka pathogen *Pseudocercospora fijiensis* by an SPR immunosensor method*. *Sensors (Switzerland)*, 19(3), 1–12. <https://doi.org/10.3390/s19030465>

**MCDONALD, A., GRANT, B. y PLAXTON, W.** (2001). *Phosphite (Phosphorous Acid): Its Relevance In The Environment And Agriculture And Influence On Plant Phosphate Starvation Response*. En: *Journal of Plant Nutrition*, Vol. 24; p. 1505-1519.

**MARTÍNEZ, S.** (2016). *Effects of combined application of potassium phosphite and fungicide on stem and sheath disease control, yield, and quality of rice*. *Crop Protection*, 89, 259–264. <https://doi.org/10.1016/j.cropro.2016.08.002>

**MASSOUD, K., BARCHIETTO, T., LE RUDULIER, T., PALLANDRE, L., DIDIERLAURENT, L., GARMIER, M., AMBARD-BRETTEVILLE, F., SENG, J.-M., y SAINDRENAN, P.** (2012). *Dissecting Phosphite-Induced Priming in Arabidopsis Infected with *Hyaloperonospora arabidopsidis**. *Plant Physiology*, 159(1), 286–298. <http://www.jstor.org/stable/41496263>

**MOGOLLÓN ORTIZ, À., y CASTAÑO ZAPATA, J.** (2011). *Efecto De Inductores De Resistencia En Plántulas De Plátano Dominico-Hartón*. *Rev. Acad. Colomb. Cienc*, 35(137), 464–471.

**MONTEIRO, A., DE RESENDE, M., VALENTE, T., RIBEIRO JUNIOR, P., PEREIRA, V., DA COSTA, J. y DA SILVA, J.** (2016). *Manganese Phosphite In Coffee Defence Against*

*Hemileia vastatrix*, *The Coffee Rust Fungus: Biochemical And Molecular Analyses*. En: *Journal of Phytopathology*, Vol. 164 (May-Sep 2016); p. 1043–1053

**MONSALVE, V.; VITERI, R.; RUBIO, C. Y TOVAR, D.** 2012. *Efectos del fosfito de potasio en combinación con el fungicida metalaxyl mancozeb en el control de Mildeo vellosa (peronospora destructor berk) en cebolla de bulbo (Allium cepa L.)*. *Rev. Facultad Nacional de Agronomía Medellín*. 65(1):6317-6325.

<http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=179924340003>

**MULUGETA, T., ABREHA, K., TEKIE, H., MULATU, B., YESUF, M., ANDREASSON, E., LILJEROTH, E., y ALEXANDERSSON, E.** (2019). *Phosphite Protects Against Potato And Tomato Late Blight In Tropical Climates And Has Varying Toxicity Depending On The Phytophthora Infestans Isolate*. En: *Journal Crop Protection*, Vol. 121 (2019); p. 139–146.

**NATIONAL CENTER FOR BIOTECHNOLOGY INFORMATION.** *Pseudocercospora fijiensis* CIRAD86.

<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/Taxonomy/Browser/wwwtax.cgi?mode=Info&id=383855&lvl=3&lin=f&keep=1&srchmode=1&unlock>

**NAVA, C, y VERA, J.** (2004). *Relation of leaves numbers a florewing time and wasted at reproductive cycle with bunch weight in plantain bunch plants under black Sigatoka attack*. *Revista de la Facultad de Agronomía*, 21(4), 336-343. [http://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci\\_arttextpid=S0378-78182004000400003yInq=esytlng=en](http://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci_arttextpid=S0378-78182004000400003yInq=esytlng=en).

**PÉREZ, L. (2012).** *A Holistic Integrated Management Approach To Control Black Sigatoka Disease Of Banana Caused By Mycosphaerella Fijiensis*. Manual técnico. FAO. 30 p. <https://www.fao.org/fileadmin/templates/agphome/documents/caribbeanpci/IntApproachBSDManagementLVP.pdf>

**QUEVEDO J., DELGADO, I., y GARCÍA, R.** (2019). *Evaluación de la aplicación de fertilizante al pseudotallo de plantas cosechadas de banano (Musa x paradisiaca L.) Y su efecto en la velocidad de crecimiento del hijo retorno*. *Revista Científica Agroecosistemas*,  
**RAMALLO, A. C., CERIONI, L., OLMEDO, G. M., VOLENTINI, S. I., RAMALLO, J., y RAPISARDA, V. A.** (2019). *Control of Phytophthora brown rot of lemons by pre- and*

*postharvest applications of potassium phosphite. European Journal of Plant Pathology*, 154(4), 975–982. <https://doi.org/10.1007/s10658-019-01717-y>

**RODRÍGUEZ-GARCÍA, C. M., CANCHÉ-GÓMEZ, A. D., SÁENZ-CARBONELL, L., PERAZA-ECHEVERRÍA, L., CANTO-CANCHÉ, B., ISLAS-FLORES, I., y PERAZA-ECHEVERRÍA, S.** (2016). *Expression of MfAvr4 in banana leaf sections with black leaf streak disease caused by Mycosphaerella fijiensis: a technical validation. Australasian Plant Pathology*, 45(5), 481–488. <https://doi.org/10.1007/s13313-016-0431-6>

**TUZ GUNCAY, I. G.** (2018). *Manejo integrado del cultivo de banano (Musa x paradisiaca L.) clon Williams, usando biocarbón y microorganismos eficientes.* (Trabajo de titulación). Machala: Universidad Técnica de Machala. <http://repositorio.utmachala.edu.ec/handle/48000/13263>

**URBAN, N.** 2014. *Aplicación De Soluciones Nutritivas Inyectadas Y En Drench Más La Adición De Leonardita En El Cultivo De Banano (Musa Aaa.) Variedad Williams.* Universidad De Guayaquil Facultad De Ciencias Agrarias. Ecuador. <http://repositorio.ug.edu.ec/bitstream/redug/6056/1/URBANViejoNESTOR.pdf>

**VINAS, M., MENDEZ, J. y JIMÉNEZ, V.** (2020). *Effect Of Foliar Applications Of Phosphites On Growth, Nutritional Status And Defense Responses In Tomato Plants.* En: *Journal Scientia Horticulturae*, Vol. 265 (Ene 2020); p. 109200.

**YÁÑEZ JUÁREZ, M. G., AYALA TAFOYA, F., PARTIDA RUVALCABA, L., VELÁZQUEZ ALCARAZ, T. D. J., GODOY ANGULO, T. P., y MEDINA LÓPEZ, R.** (2018). *Efecto in vitro de fosfito de potasio sobre Athelia rolfsii y Pythium aphanidermatum.* *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 9(7), 1532–1538. <https://doi.org/10.29312/remexca.v9i7.286>

**YÁÑEZ-JUÁREZ, M. G., LÓPEZ-ORONA, C. A., AYALA-TAFOYA, F., PARTIDA-RUVALCABA, L., VELÁZQUEZ-ALCARAZ, T. DE J., y MEDINA-LÓPEZ, R.** (2018). *Los fosfitos como alternativa para el manejo de problemas fitopatológicos.* *Mexican Journal of Phytopathology*, 36(1), 79–94. <https://doi.org/10.18781/r.mex.fit.1710-7>

**YÁÑEZ-LÓPEZ.** (2012). *The effect of climate change on plant diseases.* *African Journal of Biotechnology*, 11(10). <https://doi.org/10.5897/ajb10.2442>