

Efecto funguicida de extractos vegetales contra la Sigatoka negra (*Mycosphaerella fijiensis* Morelet) en el cultivo de plátano (*Musa paradisiaca*) Cultivar Hartón



Presentado Por:

Kimberly Katherine Quiroga Leal

**Universidad De Pamplona
Programa Ingeniería Agronómica
Facultad de Ciencias Agrarias
2021**

Efecto protector de extractos vegetales contra la Sigatoka negra (*Mycosphaerella fijiensis* Morelet) en el cultivo de plátano (*Musa paradisiaca*) Cultivar Hartón



Presentado Por:

Kimberly Katherine Quiroga Leal

Trabajo de Grado Presentado para Optar por el Título de Ingeniera Agrónoma

Director

MSc. Cristian Schmelink Ramos Monterrosa

Codirector

Oscar Eduardo Duran Higuera

**Universidad De Pamplona
Programa Ingeniería Agronómica
Facultad de Ciencias Agrarias**

2021

Dedicatoria

A mis padres y hermano, que durante todo este proceso de formación estuvieron conmigo, siempre dándome su apoyo y amor.

Gracias, los amo.

Agradecimientos

En primer lugar, quiero agradecer a mis padres y mi hermano, que durante el recorrido de este camino siempre estuvieron ahí para darme palabras de apoyo y un abrazo reconfortante cada vez que los retos se hacían más difíciles.

A mi director de tesis Cristian Schmelink Ramos Monterrosa quien con sus conocimientos y apoyo me guio a través de cada una de las etapas de este proyecto para alcanzar los resultados que buscaba.

También quiero agradecer a la Universidad de Pamplona por brindarme todos los recursos y herramientas que fueron necesarios para llevar a cabo el proceso de investigación, y finalmente pero no menos importante a mis compañeros de clases, que en diversas ocasiones nos apoyamos mutuamente tratando de lograr nuestros objetivos.

A todos muchas Gracias.

Contenido

	Págs.
Listado de figuras.....	10
Listado de apéndices	11
Resumen.....	12
Summary	13
Introducción	14
Capítulo 1	16
Problema	16
Justificación	17
Delimitación	18
Objetivos	19
Objetivo general.....	19
Objetivos específicos	19
Capítulo II.....	20
Marco referencial	20
Antecedentes	20
Antecedentes Internacionales.....	20
Antecedentes Nacionales	21
Marco teórico	22
Cultivo de Plátano.....	22
Origen del Plátano. El plátano tiene su origen en el Sudeste de Asia y su cultivo se ha difundido a extensas zonas de América Central y Sud América, es un	

alimento básico en la canasta familiar. En busca de sus orígenes se tiene información que esta especie remonta al año 850 a. C donde en las antiguas ruina del monumento javanés a Buda levantado en Bordodur fueron encontrados dibujos retratándolos. En su gran mayoría los cultivares de plátano y banano de la familia Musácea tiene origen en dos especies silvestres: <i>Musa acuminata</i> (A) y <i>Musa balbisiana</i> (B) que por poliploidía e hibridación generaron las variedades cultivadas actualmente (Simmonds, 1996).	23
Clasificación taxonómica	23
Botánica del Plátano	24
Raíces	24
Tallo	24
Hojas	24
Fruto	25
La Sigatoka negra (<i>Mycosphaerella fijiensis</i> Morelet)	26
Sintomatología	27
Ciclo de vida de <i>Mycosphaerella fijiensis</i> Morelet	28
Manejo de la Sigatoka negra	29
Medidas de control de la enfermedad	30
Control Cultura	30
Control Biológico	30
Control Químico	31
Extractos Vegetales	31
Marco contextual	32

Delimitación geográfica.....	32
Economía rural.....	33
Marco legal	34
Resolución 68370 de (mayo 27) 2020 - ICA	34
Reglamento estudiantil de la Universidad de Pamplona, Acuerdo No. 186 de diciembre del 2005.....	34
Capítulo III.....	35
Materiales y métodos	35
Diseño metodológico en Laboratorio.....	35
Obtención de las muestras vegetales.....	35
Aislamiento del hongo en Laboratorio	37
Obtención de los extractos vegetales	39
Evaluación in vitro de los extractos vegetales contra Sigatoka negra	40
Análisis estadístico.....	42
Diseño metodológico en campo.....	42
Descripción de los tratamientos en la parcela experimental	44
Aplicación de los tratamientos.....	45
Registro de datos.....	46
Variables evaluadas	46
Análisis estadísticos	47
Capítulo IV.....	48
Resultados y análisis.....	48
Fase de laboratorio	48

Identificación y caracterización de <i>Mycosphaerella fijiensis</i>	48
.....	49
Efecto inhibitorio de los extractos vegetales en el crecimiento de <i>M. fijiensis</i>	49
Fase Campo	51
Efecto de los extractos vegetales sobre el número de hojas por planta (H/P)	51
Efecto de los extractos vegetales sobre la variable hoja más joven enferma (HMJE)	52
Efecto de los extractos vegetales sobre la variable La hoja más joven con necrosis (HMJN)	54
Efecto de los extractos vegetales sobre el promedio ponderado de infección (PPI)	56
Conclusiones	58
Recomendaciones	59
Referentes bibliográficos	60
Apéndices.....	69

Listado de tablas

	<u>Págs.</u>
Tabla 1. Codificación de los tratamientos	39
Tabla 2.	44
Tabla 3. Comparación del crecimiento radial del de los extractos vegetales prueba de Tukey	51
Tabla 4. Prueba de Tukey para la variable la variable hoja más joven enferma (HMJE)	54
Tabla 5. Prueba de Tukey para la variable la hoja más joven con necrosis (HMJN).....	56
Tabla 6. Prueba de Tukey para la variable el promedio ponderado de infección (PPI%)	57

Listado de figuras

	Págs.
Figura 1. Morfología de una Planta de Plátano.....	26
Figura 2. Estadios de Desarrollo <i>M. fijiensis</i>	28
Figura 3. Ciclo de Vida de <i>M. fijiensis</i>	29
Figura 4. Municipio de Saravena.....	33
Figura 5. Localización Espacial del Proyecto.....	36
Figura 6. Recolección del material vegetal.....	37
Figura 7. Desinfección del material vegetal.....	38
Figura 8. Material vegetal sembrado en medio de cultivo SABOURAUD.....	39
Figura 9. Recolección de las platas para los extractos vegetales.....	40
Figura 10. Preparación de medios y siembra.....	41
Figura 11. Ejemplares de la investigación.....	43
Figura 12. Diseño en bloque completamente al azar (BCA).....	44
Figura 13. Numeración de las hojas en plátano.....	45
Figura 14. Fumigación de los extractos vegetales en plátano.....	46
Figura 15. Grados de Severidad de la Sigatoka negra de acuerdo a la Escala de Stover modificada por Gauhl (1989).....	¡Error! Marcador no definido.
Figura 16. Características morfológicas de <i>M. fijiensis</i>	49
Figura 17. Inhibición de los extractos vegetales en crecimiento radial de <i>M. fijiensis</i>	50
Figura 18. Resultados para la VARIABLE . promedio de hojas verdes por plantas.....	52
Figura 19. Resultados para la variable hoja mas joven enferma (HMJE).....	53
Figura 20. Resultados para la variable hoja mas joven enferma con necrosis (HMJN).....	55
Figura 21. Resultados de la variable promedio ponderado de infección (PPI%).....	57

Listado de apéndices

	Págs.
Apéndice A. Resultados de ANOVA del crecimiento de <i>Mycosphaerella fijiensis</i> en presencia de los extractos vegetales.....	69
Apéndice B. Resultados de ANOVA para la variable HMJE.....	69
Apéndice C. Resultados de ANOVA para la variable HMJN.	69
Apéndice D. Resultados de ANOVA para la variable PPI%.....	70
Apéndice E. Crecimiento radial del micelio <i>M. fijiensis</i> en EVV.....	70
Apéndice F. Crecimiento radial del micelio <i>M. fijiensis</i> en EVA.....	71
Apéndice G. Crecimiento radial del micelio <i>M. fijiensis</i> en EVL.....	71
Apéndice H. Crecimiento radial del micelio <i>M. fijiensis</i> en EVB.....	73
Apéndice I. Crecimiento radial del micelio <i>M. fijiensis</i> en SCEV.....	74

Resumen

La Sigatoka negra (*Mycosphaerella fijiensis* Morelet) en plátano (*Musa paradisiaca*) es una enfermedad destructiva que ataca el área foliar fotosintético de la planta, provocando que los racimos y frutos tengan un menor peso, además que en su estado más severo causa la madures prematura de los frutos. En consecuencia para su manejo se tiene uso excesivo de agroquímicos, que afectan la salud pública, además de problemas del medio ambiente. En tal sentido, el objetivo de esta investigación es evaluar el efecto fungicida de los extractos vegetales de Limonaria (*Cymbopogon citratus*), Albaca (*Ocimum basilicum*), Valeriana (*Valeriana officinalis*) y Altamisa (*Ambrosia peruviana*) en la severidad del ataque de *M. fijiensis*. Para la fase de laboratorio se recolecto material vegetal que presentada los estadios 5 y 6 de la enfermedad, se aisló, identificó y caracterizo el hongo protagonista, se sometieron a enfrentamientos con los extractos vegetales ya mencionados, se tomó registro del crecimiento radial del hongo cada 24 horas, hasta que el control ocupara todo el espacio disponible. En la fase de campo se utilizaron los extractos vegetales de EEV Y EVA, se realizó un diseño en bloques completamente al azar (BCA), cada unidad experimental consistió en una parcela con 8 plantas, en las que se hicieron aplicaciones en dosis de 1.5 L de extracto vegetal diluido con adherente natural, por parcela cada 8 días por 8 semanas. Se evaluó el número de hojas por planta (H/P), la hoja más joven enferma (HMJE), a hoja más joven enferma con necrosis (HMJN), y promedio ponderado de infección (PPI). No se observaron diferencias estadísticas significativas de los tratamientos en comparación con el control.

Palabras Claves: *Mycosphaerella fijiensis*, extractos vegetales, hongo, severidad, plátano, Valeriana, Altamisa

Summary

Black Sigatoka (*Mycosphaerella fijiensis* Morelet) on plantain (*Musa paradisiaca*) is a destructive disease that attacks the photosynthetic leaf area of the plant, causing the clusters and fruits to have a lower weight, in addition to that in its most severe state it causes premature maturity of the fruits. Consequently, for its management there is excessive use of agrochemicals, which affect public health, in addition to environmental problems. In this sense, the objective of this research is to evaluate the fungicidal effect of the plant extracts of Limonaria (*Cymbopogon citratus*), Albaca (*Ocimum basilicum*), Valeriana (*Valeriana officinalis*) and Altamisa (*Ambrosia peruviana*) on the severity of the attack of *M. fijiensis*. For the laboratory phase, plant material was collected that presented stages 5 and 6 of the disease, the protagonist fungus was isolated, identified and characterized, they were subjected to confrontations with the aforementioned plant extracts, a record of the radial growth of the fungus was taken each 24 hours, until the control occupies all the available space. In the field phase, the vegetable extracts of EEV and EVA were used, a completely randomized block design (BCA) was carried out, and each experimental unit consisted of a plot with 8 plants, in which applications were made in doses of 1.5 L of vegetable extract diluted with natural adherent, per plot every 8 days for 8 weeks. The number of leaves per plant (H / P), the youngest diseased leaf (HMJE), the youngest diseased leaf with necrosis (HMJN), and weighted average infection (PPI) were evaluated. No statistically significant differences were observed in the treatments compared to the control.

Key words: *Mycosphaerella fijiensis*, plant extracts, fungus, severity, banana, Valeriana, Altamisa.

Introducción

La producción de plátano (*Musa paradisiaca*) cultivar Hartón junto a sus derivados ha aumentado tanto a nivel mundial como nacional, debido a sus características nutricionales y organolépticas. Buscando un crecimiento económico, los agricultores han buscado soluciones rápidas y de bajos costos a problemas fitosanitarios presentes en el cultivo de plátano, llevándolos a utilizar una gran cantidad de productos químicos que lo único que ha ocasionado una excesiva contaminación e impacto ambiental.

Desafortunadamente el hombre viene utilizando desde hace décadas productos fitosanitarios, con la finalidad de aumentar la producción y proteger los cultivos frente al grave efecto de múltiples organismos vivos (insectos, hongos, nematodos etc...). Los productos fitosanitarios una vez aplicados, son absorbidos por las plantas sobrellevando procesos de volatilización, lavado y degradación biótica y abiótica en el suelo que conducen a la formación de nuevos productos, más móviles, persistentes y más peligrosos que los compuestos de partida (Sánchez, 2004).

Sin embargo existen alternativas más ecológicas para el control natural de las enfermedades fúngicas, las cuales buscan reducir el uso indiscriminado de agroquímicos, como el uso de extractos vegetales de plantas medicinales que han demostrado tener una acción fungicida contra la Sigatoka negra, los culés inhiben los procesos de desarrollo del patógeno y la evolución de la enfermedad, en las primeras fases del desarrollo de las lesiones (Pérez., 2006).

Por lo anterior, la presente investigación se centra en determinar el efecto fungicida de 4 diferentes extractos vegetales extraídos de Limonaria (*Cymbopogon citratus*), Albaca (*Ocimum*

basilicum), Valeriana (*Valeriana officinalis*) y Altamisa (*Ambrosia peruviana*) sobre la severidad de la enfermedad Sigatoka Negra (*Mycosphaerella fijiensis*).

Capítulo 1

Problema

La vereda Charo Alto del municipio de Saravena Colombia, se caracteriza por ser un territorio agrícola, en el que se destaca principalmente el cultivo de plátano. Los productores locales tradicionalmente han cultivado esta fruta tropical, entre otros alimentos, que inicialmente se usaba para complementar sus propias necesidades básicas de alimentación, pero con las dinámicas demográficas y de mercado, la producción ha incrementado y actualmente se comercializa en los mercados locales y regionales.

En su diario vivir, los agricultores locales deben lidiar con diferentes plagas y enfermedades que afectan al cultivo del plátano. Dentro del grupo de agentes fitopatógenos que afectan la productividad del cultivo, merece especial atención el hongo ascomiceto *Mycosphaerella fijiensis* Morelet, ya que gracias a las condiciones climáticas de la zona, su aparición se ve favorecida, afectando al productor de forma socioeconómica. La inversión para lograr minimizarla es alta, se han buscado diferentes alternativas a corto plazo que no han brindado realmente una solución final a esta clase de problemas fitosanitarios.

El agente causal de esta enfermedad tiene la particularidad de permanecer por un buen número de años, lo que la transforma en una enfermedad cíclica y resistente a las diversas moléculas químicas utilizadas por el productor, lo cual no solo causa daño a los hongos fitopatógenos sino también al medio ambiente, por lo anterior se convierte su uso en un potencial problema del ámbito de la salud pública.

El control basado en compuestos naturales en la región de Arauca es reducido, el desconocimiento por parte de los productores tradicionales hace que el uso de estos compuestos

sea casi inexistente para el control de esta enfermedad, obteniendo un incremento del uso irracional de agroquímicos, lo anterior hace que sea indispensable y necesario la innovación e incorporación de conocimientos ancestrales y el uso de estrategias naturales alternativas para el control de estas enfermedades.

Justificación

El plátano (*Musa paradisiaca*) cultivar Hartón es una fruta tropical muy apetecida en el mercado nacional e internacional por su textura, sabor y su alto valor nutricional, lo que la convierte en una fruta utilizada para transformación y elaboración de productos en la industria alimenticia.

Para el año 2019 la producción de plátano a nivel departamental y nacional han aumentado de manera considerable, convirtiendo a Arauca el primer departamento con más producción de plátano, con 40.000 hectáreas y un rendimiento de 20 t/ha, equivalente al 17% de producción nacional. Lo anterior trae grandiosos beneficios para los productores que quieran implementar este cultivo ya que no tendrá mayores dificultades para poder distribuir y comercializar el producto por la alta demanda en el mercado (Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural, 2020)

En Colombia este cultivo es muy apreciado por su alta producción, convirtiéndose en una de las actividades muy importante del desarrollo sostenible del país del sector hortofrutícola, este cultivo se implementa especialmente a campo abierto, lo que genera algunas limitaciones relacionadas con el ataque de plagas y enfermedades por la exposición a condiciones climáticas adversas, lo cual pueden provocar pérdidas importantes para los productores.

Una de esas enfermedades de gran importancia es la Sigatoka negra cuyo agente causal es el hongo *M. fijiensis*.

En presente trabajo de investigación se busca poder reducir la alta severidad de *M. fijiensis* en plátano con alternativas basadas en control natural y promover el desarrollo agrícola de la región, dicha alternativa es el uso extractos vegetales, los cuáles inhiben los procesos de desarrollo del patógeno y la evolución de la enfermedad, en las primeras fases del desarrollo de las lesiones, como ya se mencionó (Pérez., 2006).

Delimitación

El cultivo de plátano, objeto de esta investigación está ubicado en la finca Cedrito. Vereda Charo Alto, del municipio de Saravena en el Departamento de Arauca.

Este trabajo busca, mediante la obtención de extractos vegetales provenientes de Limonaria (*Cymbopogon citratus*) Albaca (*Ocimum basilicum*), Valeriana (*Valeriana officinalis*) y Altamisa (*Ambrosia peruviana*) plantas en la zona de interés, y explorar los beneficios de su aplicación en un cultivo de plátano, especialmente en lo referente al efecto funguicida sobre el hongo fitopatógeno *M. fijiensis*.

A nivel de laboratorio se procederá a realizar la obtención de extractos vegetales y se verificará *in vitro* el efecto funguicida, contra el agente fitopatógeno, e igualmente, a nivel de campo se evaluará el efecto funguicida de los dos mejores extractos vegetales que serán probados.

El trabajo tiene un enfoque en la utilización de extractos vegetales como alternativa de control natural del hongo fitopatógeno *M. fijiensis*, sirviendo como réplica para los productores de la región. De esta manera, se pretende hacer la transferencia del conocimiento necesario para

que los productores de este importante producto logren adoptar nuevas técnicas de carácter técnico- científico para mejorar su producción.

Objetivos

Objetivo general

Determinar el efecto funguicida de 4 extractos vegetales para el control de la Sigatoka negra causada por (*Mycosphaerella fijiensis* Morelet) en el cultivo de plátano.

Objetivos específicos

Evaluar el efecto funguicida de los extractos vegetales de Limonaria (*Cymbopogon citratus*) Albaca (*Ocimum basilicum*), Valeriana (*Valeriana officinalis*) y Altamisa (*Ambrosia peruviana*) sobre el crecimiento *in vitro* de *Mycosphaerella fijiensis* Morelet.

Probar el efecto funguicida de los extractos vegetales de Valeriana (*Valeriana officinalis*) y Altamisa (*Ambrosia peruviana*) en condiciones de campo abierto.

Capítulo II

Marco referencial

Antecedentes

Antecedentes Internacionales

Ramón (2017) presenta en su investigación el efecto biofungicida de aceites esenciales aceite en el control de la Sigatoka negra (*Mycosphaerella fijiensis* Morelet) en el cultivo de banano, la cual se desarrolla en la granja experimental “Santa Inés” de la Universidad Técnica de Machala, en la que se utilizaron 36 plántulas de la variedad Williams, se transplantaron en campo a los 3 meses de edad, realizando un seguimiento por 9 semanas. Los resultados de la investigación demuestran que el aceite de citronella y el fungicida Mancozeb presentaron mejor el efecto biofungicida para el control de la SN en la hoja 1 y 2, y el análisis estadístico de Anova y Tukey 95%, evidenciaron que el aceite de citronella y Mancozeb actúan sobre el control de la SN, y son estadísticamente iguales.

Así mismo Tumbaco & Jimenez (2011) en su investigación realizada en las provincias Guayas, Los Ríos y El Oro en Guayaquil, Ecuador en la cual probó en diferentes concentraciones el extracto de *Melaleuca Alternifolia*, esto asociado con múltiples factores, evaluados semanalmente con la metodología de STOVER. Los resultados demuestran que el extracto de *Melaleuca Alternifolia* ejerce un control sobre el patógeno en las tres provincias evaluadas y los factores estudiados en este ensayo aportaron también al control de la enfermedad.

Antecedentes Nacionales

Con el fin de observar algunos avances sobre la agricultura sostenible, basada en control natural de *M. fijiensis* Morelet, se logró evidenciar que existe un interés amplio en el cual se puede referenciar, el trabajo de Marín, Mass, Barrera & Robles (2008) en la investigación evaluación de extractos vegetales para el control de *M. fijiensis* en plátano en Tierralta, Córdoba, donde su objetivo fue valorar el impacto biofungicida de diferentes extractos vegetales para el control de *M. fijiensis* en plátano (Musa AAB).

En el cual Establecieron dos experimentos bajo condiciones de campo (época seca y época lluviosa) en un diseño completamente al azar. En el primer semestre se evaluaron 12 tratamientos de 5 repeticiones, en el cual realizaron aplicaciones y evaluaciones cada 15 días, en el segundo semestre se evaluaron los mejores tratamientos del primer experimento (seis extractos vegetales, el caldo microbiológico, un químico y un testigo sin protección) con aspersiones y evaluaciones semanales (Marín, Mass, Barrera, & Robles, 2008).

En el primer experimento la enfermedad mostró sensibilidad a los extractos vegetales de Neem, Limoncillo, Salvia y Limoncillo + Neem superando al testigo en más del 7%. En el segundo experimento los extractos vegetales presentaron un comportamiento similar al testigo químico, con índices de infección entre el 12 y 16%, superando al testigo absoluto en 8% (Marín, Mass, Barrera, & Robles, 2008).

Se concluye, que el Hongo *M. fijiensis* presenta susceptibilidad a las aplicaciones de extractos naturales de limoncillo (*Swinglea glutinosa*), salvia (*Salvia officinalis*), papaya (*Carica papaya*) y Neem (*Azadirachta indica*), lo que permite que estos extractos puedan ser utilizados para el control de dicho patógeno en una producción limpia y sostenible del plátano, las aplicaciones semanales de los extractos vegetales reducen la severidad del hongo *M. fijiensis*

sobre las plantas de plátano, comparado con las aplicaciones quincenales, permitiendo conservar siete hojas funcionales al inicio de floración con índices de infección entre 13 y 16%, los cuales no representan niveles de daño económico (Marín, Mass, Barrera, & Robles, 2008).

Siguiendo en la búsqueda en los avances en cuanto al uso de extractos vegetales se encontró la investigación realizada por Mosquera, Echeverry & Osorio (2009) en la cual se evaluaron 84 extractos vegetales extraídos de 42 plantas recolectadas en el Parque Regional Natural Ucumarí (Risaralda, Colombia), para comprobar su actividad fungicida a través de los métodos de elongación del tubo germinativo de las ascosporas y de la medición del crecimiento radial del micelio de *M. fijiensis* Morelet. El extracto metanólico de la especie *Topobea* presentó la mayor actividad antifúngica, al reducir en 100% el crecimiento de *M. fijiensis* Morelet en sus dos ciclos reproductivos, lo cual hace a este extracto una fuente potencial para el control de la Sigatoka Negra.

Marco teórico

Cultivo de Plátano

El plátano forma parte de la familia de las *Musáceas* y se encuentra en las regiones tropicales, es una planta herbácea de gran tamaño que puede alcanzar una altura que oscila entre los 2 y 3 m, con un tallo de 20 cm de diámetro, compuesto por las vainas de las hojas, enrolladas de manera muy estrecha unas sobre otras y terminadas en un amplio limbo, de al menos 2 m de longitud y unos 30 cm de ancho, que en su ápice tienen forma redondeada. Estas hojas en conjuntos conforman el penacho o copa de la planta. El fruto se trata de una baya alargada, que

puede llegar a medir, entre diez y quince centímetros de longitud, con una pequeña curvatura y de cáscara lisa con tonalidad amarilla (ConceptoDefinición, 2021).

Origen del Plátano. El plátano tiene su origen en el Sudeste de Asia y su cultivo se ha difundido a extensas zonas de América Central y Sud América, es un alimento básico en la canasta familiar. En busca de sus orígenes se tiene información que esta especie remonta al año 850 a. C donde en las antiguas ruina del monumento javanés a Buda levantado en Bordodur fueron encontrados dibujos retratándolos. En su gran mayoría los cultivares de plátano y banano de la familia *Musácea* tiene origen en dos especies silvestres: *Musa acuminata* (A) y *Musa balbisiana* (B) que por poliploidía e hibridación generaron las variedades cultivadas actualmente (Simmonds, 1996).

Clasificación taxonómica. Los plátanos son monocotiledóneas de porte alto, originadas de cruza intra e inter-específicas entre *Musa acuminata* Colla (genoma A) y *Musa balbisiana* Colla (genoma B) que pertenecen a la familia *Musaceae* (Garnica, 2006)

Reino: Plantae

División: Magnoliophyta

Clase: Liliopsida

Orden: Zingiberales

Familia: Musaceae

Género: *Musa*

Especie: *M. paradisiaca*.

Botánica del Plátano. El plátano es una planta herbácea y perenne de clima cálido, pueden crecer en alturas entre lo entre los 0 a 2.000 msnm, con temperaturas que oscilan entre 24°C y 28°C durante el día, estas temperaturas favorecen el desarrollo óptimo de los cultivos.

Tiene un requerimiento hídrico de 1.500 a 2000 mm anuales y una Humedad relativa entre el 60 y 85% (InfoAgro.com, 2021).

Raíces. El sistema radicular posee raíces superficiales que se distribuyen en una capa de 30-40 cm, concentrándose la mayor parte de ellas en los 15-20 cm. Las raíces son de color blanco, tiernas cuando emergen y amarillentas y duras posteriormente. Su diámetro oscila entre 5 y 8 mm y su longitud puede alcanzar los 2,5-3 m en crecimiento lateral y hasta 1,5 m en profundidad. El poder de penetración de las raíces es débil, por lo que la distribución radicular está relacionada con la textura y estructura del suelo (Orozco., 2000) (Ver Figura 1).

Tallo. El verdadero tallo es un rizoma grande subterráneo, almidonoso, que está coronado con yemas, las cuales se desarrollan una vez que la planta ha florecido y fructificado. A medida que cada chupón del rizoma alcanza la madurez, su yema terminal se convierte en una inflorescencia al ser empujada hacia arriba desde el interior del suelo por el alargamiento del tallo, hasta que emerge arriba del pseudotallo (Martínez., 1999) (Ver Figura 1).

Hojas. Según Araya (2008) “Se originan en el punto central de crecimiento o meristemo terminal, situado en la parte superior del rizoma. Al principio, se observa la formación del pecíolo y la nervadura central terminada en filamento, lo que será la vaina posteriormente. La parte de la nervadura se alarga y el borde izquierdo comienza a cubrir el derecho, creciendo en

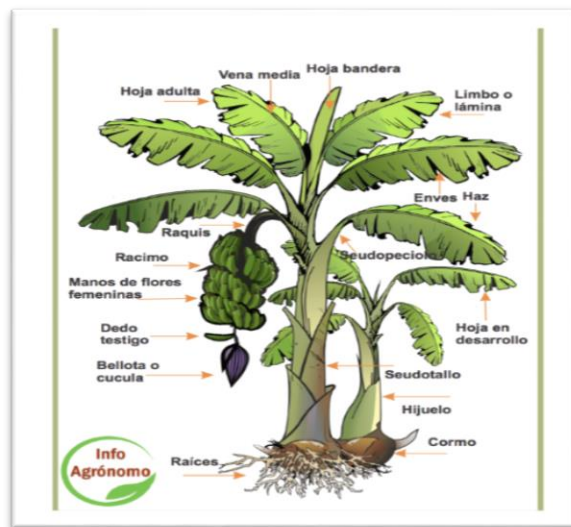
altura y formando los semilimbos. La hoja se forma en el interior del pseudotallo y emerge enrollada en forma de cigarro. Son hojas grandes, verdes y dispuestas en forma de espiral, de 2-4 m de largo y hasta 1,5 m de ancho, con un peciolo de 1 m o más de longitud y un limbo elíptico alargado, ligeramente decurrente hacia el peciolo, un poco ondulado y glabro.

Cuando son viejas se rompen fácilmente de forma transversal por el azote del viento. De la corona de hojas sale, durante la floración, un escapo pubescente de 5-6 cm de diámetro, terminado por un racimo colgante de 1-2 m de largo. Éste lleva una veintena de brácteas ovales alargadas, agudas, de color rojo púrpura, cubiertas de un polvillo blanco harinoso. De las axilas de estas brácteas nacen a su vez las flores” (Ver Figura 1).

Fruto. La baya es oblonga, en el desarrollo los frutos se doblan geotrópicamente, dependiendo del peso de este, generando esta reacción la forma del racimo, son polimórficos, pudiendo contener de 5-20 manos, cada una con 2-20 frutos, siendo su color amarillo verdoso, amarillo, amarillo-rojizo o rojo (Álvarez, 2004) (Ver Figura 1).

Figura 1.

Morfología de una Planta de Plátano.



Nota. Partes de planta de Plátano desde la raíz hasta las hojas. **Fuente:** (InfoAgrónomo, 2018)

La Sigatoka negra (Mycosphaerella fijiensis Morelet)

La Sigatoka negra es una enfermedad causada por el hongo ascomiceto *Mycosphaerella fijiensis* Morelet, siendo esta una de las enfermedades del cultivo de plátano más contraproducentes, ya que este hongo produce un rápido deterioro del área foliar reduciendo la fotosíntesis y ocasionando la maduración prematura de la fruta, lo cual disminuye la calidad y puede provocar pérdidas del 50% o más en el rendimiento (Hernández, Garrido, Iracheta, Gracia, & Blondy, 2016)

Así mismo, esta enfermedad representa un serio problema para los productores, ya que su presencia crea un impacto directo sobre el rendimiento y un incremento en los costos de producción (Vargas, Rodriguez, Sanabria, & Hernandez, 2009).

Según Mosquera, Echeverry & Osorio (2009) el agente causal de Sigatoka negra es un hongo de la clase ascomicetos llamado *M. fijiensis*, se desarrolla de forma sexual y asexual, llega a afectar a todas las variedades de plátanos durante todo su ciclo de vida.

Durante la fase asexual (*Pseudocercospora fijiensis* Morelet), se producen las primeras lesiones de la enfermedad, en la cual podemos observar la aparición de una cantidad baja de conidióforos, que salen de las estomas del envés de las hojas, dando origen a los conidios. La fase sexual (*Mycosphaerella fijiensis* Morelet), es la más importante en la expansión de la enfermedad, que la hace por medio de ascosporas en formaciones llamadas peritecios las cuales son la principal fuente de inóculo y dispersión de esta enfermedad (Merchán, 1997).

Sintomatología. Fouré, en 1987 describe 6 etapas de los síntomas relacionados con la enfermedad causada por el fitopatógeno *M. fijiensis*, como se describen a continuación y se muestran en la figura 2.

Estado 1. Pequeñas lesiones o puntos de color blanco-amarillento a marrón, de 1 mm de longitud, denominadas pizcas, apenas visibles en el envés de las hojas.

Estado 2. Rayas o estrías cloróticas de 3–4 mm de longitud por 1 mm de ancho, de color marrón.

Estado 3. Las rayas o dando la impresión de haber sido pintadas con pincel, sin bordes definidos y de color café, que pueden alcanzar hasta 2 cm de longitud.

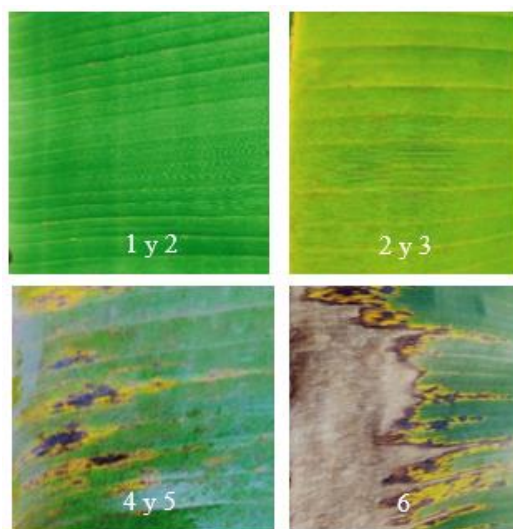
Estado 4. Manchas ovaladas de color café en el envés y negro en el haz.

Estado 5. Manchas negras rodeadas de un anillo negro y a veces un halo amarillento y centro seco y semihundido.

Estado 6. Manchas con centro seco y hundido, de coloración marrón clara, rodeadas de tejido clorótico.

Figura 2.

*Estadios de desarrollo de *Mycosphaerella fijiensis* en el cultivo de plátano.*



Nota. Sintomatología que se presentan en las hojas de plátano causadas por el hongo *M. fijiensis* en sus 6 etapas. 1 y 2, pequeñas lesiones o puntos de color blanco-amarillento a marrón. 2 y 3, estrías cloróticas se alargan y amplían. 4 y 5, manchas negras con un anillo negro y un halo amarillento con centro seco y semihundido. 6 Manchas con centro seco y hundido rodeadas con tejido muerto. **Fuente:** elaboración propia.

Ciclo de vida de *Mycosphaerella fijiensis* Morelet. El crecimiento de *M. fijiensis* se encuentra directamente afectado por las condiciones climáticas, susceptibilidad de la variedad sembrada y manejo del cultivo (Ayala, 2014). La Sigatoka negra ataca regiones que se caracterizan por tener una precipitación mayor a 1400 mm anuales, una temperatura promedio entre 23 a 28 ° C y humedad relativa superior al 80% Gañ. Así favoreciendo los procesos de liberación e infección de las esporas (Gañán, 2007) (Ver Figura 3).

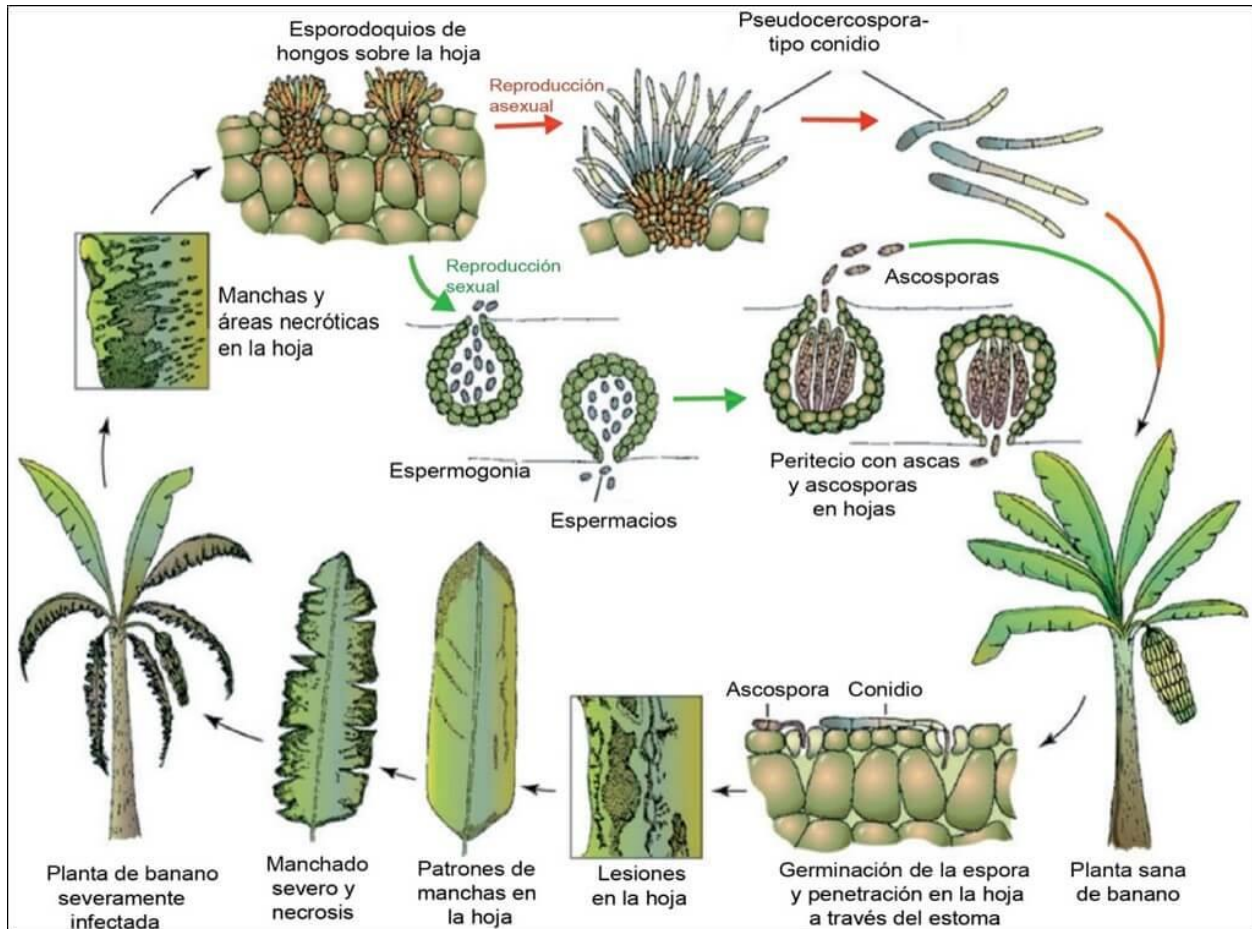


Figura 3.

Ciclo de Vida de Mycosphaerella fijiensis en el cultivo de plátano.

Nota. Proceso de infección del hongo *M. fijiensis* en las hojas del plátano. **Fuente:** (Intagri, 2018)

Manejo de la Sigatoka negra. En la Sigatoka Negra, el manejo principalmente es el control químico con el uso regular de fungicidas, así como el apoyo en prácticas culturales tales como el deshoje o saneamiento, secado, deshierbe, mantenimiento del sistema, sistemas de drenaje y fertilización (Orozco, y otros, 2008).

Es necesario alternar los productos fungicidas sistemáticos de acuerdo a su modo de acción, a la severidad de la enfermedad y la época del año, ya que se debe evitar su uso excesivo para no generar resistencia del hongo a ellos (Vargas., 1998).

Medidas de control de la enfermedad. Las medidas que se realizan para contrarrestar y o controlar la enfermedad Sigatoka negra en plátano, se basan en el reconocimiento prudente de los síntomas realizando prácticas culturales como: monitoreo, deshoje, despunte y cirugía. Otras actividades realizadas son control de maleza, control químico, terrestre y aéreo, canales de drenaje y ciclos de nutrición (Medina & Díaz, 2010).

Control Cultural. Las prácticas de saneamiento y depuración contrarrestan los niveles de infección, una práctica cultural es el deshoje: que consiste en eliminar la hoja que se encuentra afectada por el hongo. Los drenajes eficientes ayudan a eliminar el exceso de agua, lo que reduce la humedad relativa, además deben ir acompañadas un control de maleza y una fertilización de calidad. Así mismo, se deben emplear medidas cuarentenarias para detener la dispersión de ascospora y material vegetal infectado. Es una alternativa para el control de la Sigatoka negra que ayuda a la reducción de los niveles del inóculo, al disminuir las condiciones propicias para el desarrollo de la enfermedad (Medina & Díaz, 2010).

Control Biológico. La búsqueda de nuevas alternativas para el control de la Sigatoka negra, presenta algunos acercamientos en el control biológico, estos tratamientos buscan reducir el inóculo de la enfermedad, utilizando microorganismos, que actuarían como antagonistas o en competencia contra *M. fijiensis*, reducir el efecto ambiental, cabe subrayar que este método

requiere la utilización de microorganismos, para eliminar de manera efectiva o controlar el incremento de las poblaciones del patógeno antes o después de la propagación (Guzmán, 2012).

Control Químico. El combate químico es el más utilizado para el control de la Sigatoka negra. Los químicos más utilizados son los fungicidas, protectores y sistémicos los cuales son capaces de penetrar la planta y eliminar los hongos invasores (Etebu & Young, 2011).

Teniendo en cuenta a Martínez, Dotor & Chaparro (2014) la función de los fungicidas de contacto como mancozeb y clorotalonil es prevenir el desarrollo de la enfermedad, logrando que el hongo no se propague en condiciones óptimas. Por otra parte, el control de los fungicidas sistémicos de grupos como benzimidazoles, aminas, triazoles, estrobirulinas y anilopirimidinas es más eficaces que los protectantes debido a que son absorbidos por medio de las hojas, impidiendo el incremento del hongo. Para lo cual es recomendable el uso alternado de fungicidas protectores y sistémicos para prevenir este patógeno fúngico.

Extractos Vegetales

Desde tiempos remotos las plantas medicinales se han utilizado para prevenir, aliviar y curar enfermedades, y ahora en tiempos más actuales, gracias a los avances tecnológicos, hemos podido aprovechar de sus beneficios en formas tan novedosas como lo son los extractos vegetales de plantas medicinales. Los extractos vegetales son la forma más práctica de concentrar y obtener todos los principios activos de las plantas. De ese modo mejoramos cuestiones como la dosificación, pero también se garantiza unas cantidades mínimas de los principios activos que más nos puedan interesar, para de ese modo potenciar sus efectos. Los principios activos los podemos encontrar en todos los vegetales, y como bien indica su nombre,

son sustancias que ejercen algún tipo de actividad en nuestro organismo, desde vitaminas a minerales, pasando por otras sustancias como polifenoles, flavonoides o aceites esenciales (Santiveri, 2017).

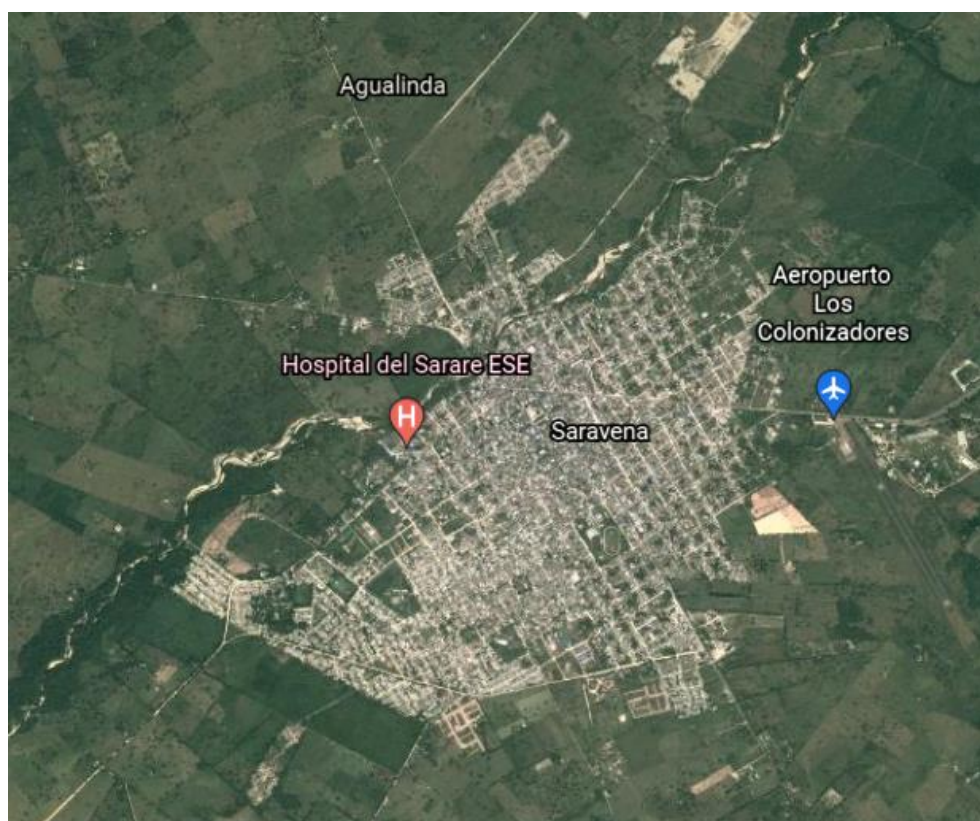
Marco contextual

Delimitación geográfica

El municipio de Saravena que se encuentra localizado en la Orinoquia colombiana, en el noroccidente del departamento de Arauca. Sus coordenadas geográficas son: Latitud norte entre 6 grados 46' y 7 grados 00' y en la Longitud este entre 71 grados 41' y 72 grados 06'. El Municipio de Saravena limita al Norte con la República de Venezuela desde la desembocadura del río Bojabá en el río Arauca, hasta la inspección de Puerto Lleras, al Sur con el Municipio de Fortul, al Este con el Municipios de Arauquita y Fortul y al Oeste con el Departamento de Boyacá, sobre la cuenca del río Bojabá. Se encuentra situada a 2.200 msnm y su temperatura promedio es de 26°C. Su área territorial es de 907.00 Km², se encuentra localizado al noroccidente del espacio geográfico de la Orinoquia Colombiana (Gobernacion de Arauca, 2016).

Figura 4.

Ubicación del municipio de Saravena, departamento de Arauca, Colombia



Nota. Localización Espacial del municipio de Saravena. **Fuente:** (GOV.CO, 2021)

Economía rural

La producción agrícola es una pieza clave sobre la economía del municipio Saravena, Departamento de Arauca, donde el cacao es su principal producto, le siguen el plátano, arroz, y maíz. La explotación de estos productos es casi en su totalidad de tipo tradicional, otras explotaciones fundamentales para el municipio son los bovinos, aves de corral, porcina y la piscicultura. Dentro del departamento de Arauca se encuentra la vereda de Charo Alto que se

caracteriza por ser un territorio agrícola, donde su principal producción está compuesta por cacao y plátano (Gobernacion de Arauca, 2016).

Marco legal

Resolución 68370 de (mayo 27) 2020 - ICA

Por medio de la cual se establecen los requisitos para el registro de productor, productor por contrato, envasador, importador y departamentos técnicos de ensayos de eficacia agronómica de Bioinsumos para uso agrícola; así como los requisitos para el registro de Bioinsumos para uso agrícola (ICA, 2020).

Reglamento estudiantil de la Universidad de Pamplona, Acuerdo No. 186 de diciembre del 2005.

Por el cual compila y actualiza el Reglamento Académico Estudiantil de Pregrado.

Artículo 35. Definición de trabajo de grado. En el Plan de Estudios de los programas, la Universidad establece como requisito para la obtención del título profesional, la realización por parte del estudiante, de un trabajo especial que se denomina “TRABAJO DE GRADO”, por medio del cual se consolida en el estudiante su formación integral, que le permite:

- a. Diagnosticar problemas y necesidades, utilizando los conocimientos adquiridos en la Universidad.
- b. Acopiar y analizar la información para plantear soluciones a problemas y necesidades específicas.
- c. Desarrollar planes y ejecutar proyectos, que le permitan demostrar su capacidad en la toma de decisiones.

- d. Formular y evaluar proyectos.
- e. Aplicar el Método Científico a todos los procesos de estudio y decisión.

Capítulo III

Materiales y métodos

El desarrollo procedimental del presente trabajo se ejecutó, en el laboratorio del grupo de investigación en microbiología y biotecnología GIMBIO con apoyo del CEPARIO, ambos ubicados en el campus principal de la Universidad de Pamplona, Km 8 vía Bucaramanga. Las pruebas en condiciones de campo se realizaron en la finca El Cedrito, ubicada en la vereda Charo Alto del municipio de Saravena, Arauca.

Diseño metodológico en Laboratorio

Obtención de las muestras vegetales

Para el aislamiento de *M. fijiensis*, se colectó material vegetal de las plantas de plátano en el predio El Cedrito, propiedad del señor Dominicano Hernández ubicado en la Vereda Charo Alto a LN 7° 0' 32" N, LO 71° 52' 54" W.

Figura 5.

Localización Espacial del cultivo de plátano en la vereda Charo Alto, del municipio de Saravena



Nota. La figura muestra la Finca el Cedrito, el lugar específico donde se recolectó el material vegetal con síntomas de Sigatoka Negra. Localización Espacial del Proyecto realizado en la finca El Cedrito. **Fuente:** (GOV.CO, 2021)

El procedimiento se realizó al azar en las horas matutinas, se tomaron muestras del tejido vegetal que presentaban síntomas de la Sigatoka Negra en los estadios 5 y 6. De cada 10 plantas se tomaron muestras aproximadamente de 10 cm del tercio medio de la hoja número 8 desde arriba hacia abajo, siendo la hoja uno la hoja bandera. Las muestras fueron empacadas en bolsas plásticas dobles estériles, las cuales se sellaron e introdujeron en bolsas de papel, seguidamente se rotularon y se trasladaron al laboratorio para el aislamiento y replica (Mateus, 1987).

Figura 6.*Recolección del material vegetal.*

Nota. Las figuras evidencian de cómo se efectuó la recolección del material vegetal y su empaqueo para el traslado al laboratorio. **Fuente:** elaboración propia.

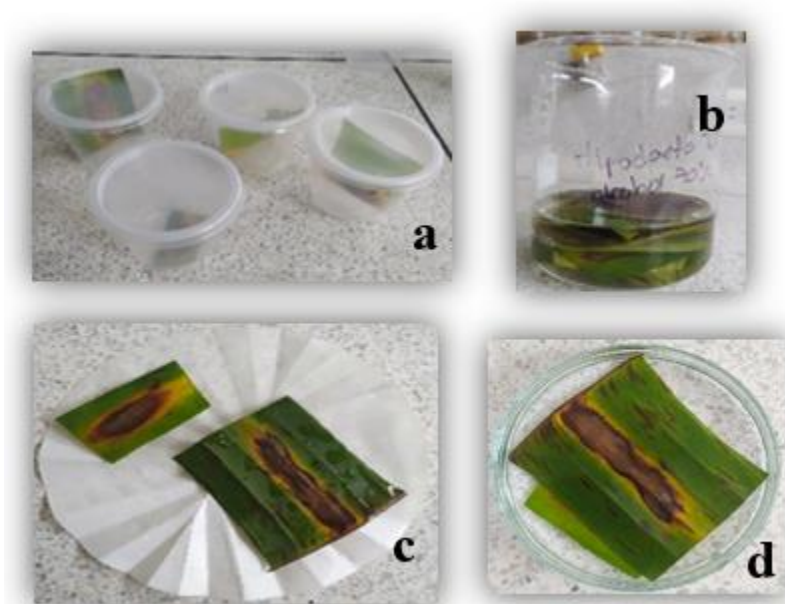
Aislamiento del hongo en Laboratorio

Siguiendo la metodología de (Cervantes, Lalangui, Sánchez, Colmenares, & Jaramillo, 2020) las muestras fueron almacenadas por 24 horas en cámara húmeda a una temperatura de 27 °C. Seguidamente se confirmó la presencia de crecimiento micelial en las muestras de hojas de plátano a través de microscopio óptico con aumento de 40X. Fragmentos de las hojas de 7 x 7 cm, con estadios 6 de Sigatoka Negra (SN), examinando la cara adaxial.

Todas las muestras con presencia de peritecios fueron sometidas a un proceso de lavado con agua corriente por 1 minuto, posterior a ello los fragmentos de hojas se colocaron en agua destilada estéril por 20 minutos, y se dejaron escurrir en papel filtro estéril para eliminar el exceso de agua, seguidamente se procedió a desinfectarlas con etanol al 70% e hipoclorito de sodio al 1% por 8 minutos, Posterior mente los fragmento de hoja se colocaron en contenedores de plástico de 500 ml y se incubaran a una temperatura promedio de 27 °C por 72 horas.

Figura 7.

Desinfección de los fragmentos de hoja de plátano con síntomas de SN

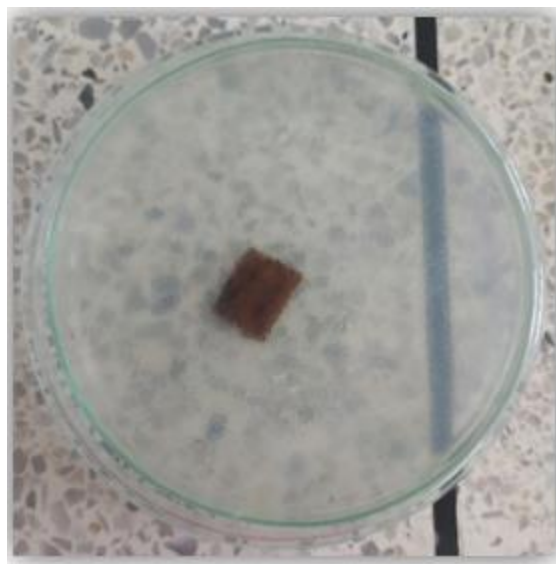


Nota. Proceso de desinfección de las muestras (a) Muestras del material vegetal en contenedores de plástico, (b) muestras del material vegetal sumergidas en hipoclorito de sodio al 70% por 8 minutos, (c) muestras del material vegetal en papel filtro y (d) muestras del material vegetal desinfectadas. **Fuente:** elaboración propia.

Transcurrido el tiempo de incubación los contenedores de 500 ml, fueron llevados a una cámara de flujo laminar y se tomaron dos fragmentos de hojas de 1 cm^2 de tamaño, luego se sumergieron en agua destilada estéril. Con ayuda de un escalpelo esterilizado se procedió a sembrar los fragmentos de hojas en medio de cultivo Agar Dextrosa Sabouraud y se incubaron por 7 días a una temperatura de $27 \text{ }^\circ\text{C}$. Las colonias fueron caracterizadas según su morfología macroscópica y microscópica siguiendo los criterios de las claves dicotómicas propuestas por (Gepp, 2009)

Figura 8.

Material vegetal sembrado en medio de cultivo SABOURAUD.



Nota. Siembra del fragmento de hoja en Medio de cultivo SABOURAUD. **Fuente:** elaboración propia.

Obtención de los extractos vegetales

Para la elaboración de los extractos vegetales, se tomaron muestras de plantas de Limonaria (*Cymbopogon citratus*) Albaca (*Ocimum basilicum*), Valeriana (*Valeriana officinalis*) y Altamisa (*Ambrosia peruviana*) en la Finca Bello Horizonte propiedad del señor Javier Rodríguez, ubicado en la vereda Caño claro del municipio de Saravena, y se codificaron de la siguiente manera:

Tabla 1.

Codificación de los tratamientos.

Codificación	Descripción
EVA	Extracto vegetal altamisa (<i>Ambrosia peruviana</i>)
EVV	Extracto vegetal valeriana (<i>Valeriana officinalis</i>)
EVB	Extracto vegetal albaca (<i>Ocimum basilicum</i>)
EVL	Extracto vegetal limonaria (<i>Cymbopogon citratus</i>)
Control	Hongo sin extracto vegetal

Fuente: elaboración propia.

Para la fase de laboratorio a las muestras del material vegetal se le fueron límpidas cualquier impureza que pudieran tener con agua estéril, seguidamente se picaron y maceraron hasta obtener una masa, posterior a esto se vertieron en frascos de vidrios de 250 ml con tapa, a cada frasco se le agrego agua estéril en proporción 2.5:1 (agua: muestra procesada, vol: peso), sometiéndola posteriormente a fermentación anaerobia en un lugar limpio y seco por 78 horas, luego se procedió a filtrar con gasas estériles y seguidamente se envasó en frascos de vidrios de 200 ml con tapa para su posterior evaluación *in vitro* (Marín, Mass, Barrera, & Robles, 2008)

Figura 9.

Recolección de las plantas para los extractos vegetales.



Nota. Plantas utilizadas para la elaboración de los extractos vegetales, (a) Valeriana (*Valeriana officinalis*), (b) Limonaria (*Cymbopogon citratus*), (c) Albaca (*Ocimum basilicum*), (d) y Altamisa (*Ambrosia peruviana*) y (e) Selección de las plantas por parte del agricultor. **Fuente:** elaboración propia.

Evaluación in vitro de los extractos vegetales contra Sigatoka negra

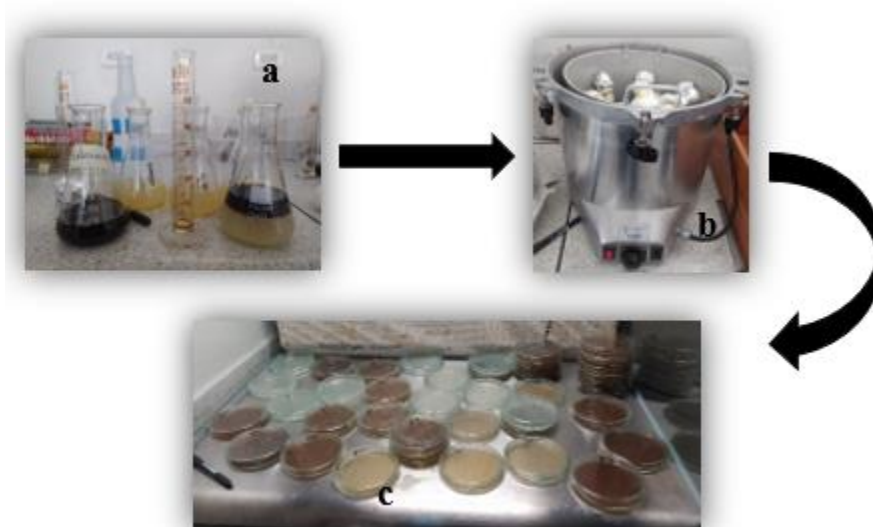
La evaluación inhibitoria del hongo patógeno por los extractos vegetales se realizó mediante la técnica de medio envenenado (Peñuelas, Arrellano, & Vargas, 2015), para tal se

mezcló 10 ml de cada tratamiento en matraces con 30 ml de medio Agar Dextrosa Sabouraud, esterilizado por 20 minutos a 15 lb pulg⁻², seguidamente se distribuyeron 15 ml de la mezcla realizada anteriormente, en placas Petri 9 cm de diámetro.

Como testigo se utilizaron placas Sabouraud sin extracto vegetal, luego se tomó la cepa de *M. fijiensis* anteriormente aislada y se sembró por punción en el centro de las cajas de Petri, se incubaron aproximadamente a una temperatura promedio de 27 °C, y realizo mediciones del crecimiento micelial cada 24 horas hasta que las cajas Petri del control estuviera completamente cubiertas con por el hongo *M. fijiensis*.

Figura 10.

Preparación de medios y siembra.



Nota. (a) Medio de cultivo SABOURAUD más los extractos vegetales, (b) medios de cultivos esterilizados, (c) cajas de Petri con los medios de cultivos más tratamientos. **Fuente:** elaboración propia.

Se usó un diseño experimental completamente al azar con cuatro repeticiones, donde los tratamientos fueron los cinco extractos vegetales, más un testigo absoluto (SABOURAUD). El

registro de la información se tomó cada 24 horas hasta que las cajas Petri del testigo sin tratamiento estuvieran completamente cubiertas con por el hongo *M. fijiensis*.

Análisis estadístico

Las variables medidas fueron el porcentaje de inhibición del crecimiento radial (PICR) y el propio crecimiento de *M. fijiensis*. Se evaluó la eficacia de los tratamientos, midiendo el desarrollo de la colonia fúngica (mm) hasta que las cajas Petri del testigo sin tratamiento estuvieran completamente cubiertas con el hongo. El PICR se calculó con la fórmula de (Ezziyyani, 2004.), $PICR = (RC - RT) / RC \times 100$; donde TC= radio del micelio en el testigo y RT= radio del micelio en los tratamientos.

Los datos fueron sometidos a un análisis estadístico con el programa SPS versión 23, realizando un análisis de varianza (ANOVA) para comparar la diferencia significativa entre los tratamientos; y el test de Tukey para determinar las medias entre los tratamientos y determinar la diferencia estadística, con un nivel de significancia del 5%.

Después de determinar la actividad antifúngica de los aceites vegetales, se eligieron aquéllos que mostraron la mayor actividad controladora para su debida evaluación en campo abierto.

Diseño metodológico en campo

El experimento de campo se realizó en la finca “El Cedrito” propiedad del señor Dominicano Hernández ubicado en la Vereda Charo Alto a LN 7° 0’ 32” N, LO 71° 52’ 54” W, a 2.200 msnm, temperatura promedio de 28°C.

Figura 11.

Ejemplares de la investigación.

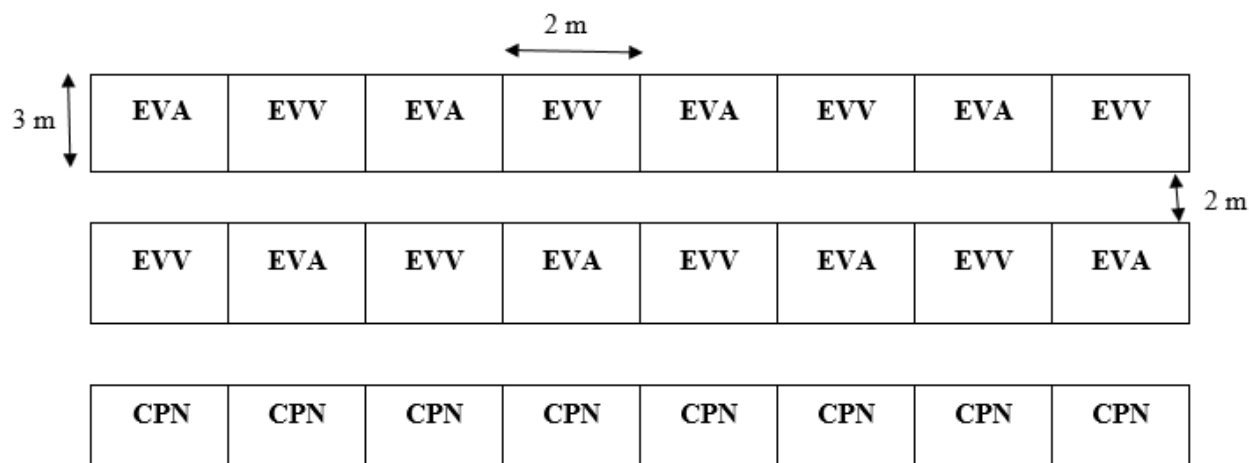


Nota. En la figura se observa las diferentes plantas plátano marcadas por una cinta de diferente color así, identificando que extracto vegetal va en cada planta según el color. **Fuente:** elaboración propia.

Para este experimento se aplicó un diseño en bloques completamente al azar (BCA) con 3 tratamientos y 3 bloques, cada unidad experimental consistió en una parcela con 8 plantas (Ver figura 12). El método de siembra por parte del producto fue en hileras, con una distancia entre surco y surco de 2 m, y una distancia de siembra de 2 m entre planta y planta. Las parcelas experimentales fueron de 38 m^2 , con un área total del ensayo de 114 m^2 .

Figura 12.

Diseño en bloque completamente al azar (BCA).



Nota. Distancia de siembra: 2 m x 2 m entre planta. Medidas de las parcelas: 38 m^2 . Área total del ensayo: 114 m^2 . Numero de parcelas: 1. Número de plantas por tratamiento: 8 plantas. Total, de plantas utilizadas: 26 plantas. Total, de plantas: 480 plantas. **Fuente:** elaboración propia.

Descripción de los tratamientos en la parcela experimental

Se aplicaron dos tratamientos, para los cuales su dosis fue de 1.5 L de extracto vegetal por parcela. Tal y como se describen en la Tabla 2.

Tabla 2.

Descripción de los tratamientos.

Tratamiento	Descripción
EVA	Extracto vegetal Altamisa + Adherente natural (1,5 L x parcela)
EVV	Extracto vegetal Valeriana + Adherente natural (1,5 L x parcela)
CONTROL	Parcela sin extracto vegetal

Fuente: elaboración propia.

Aplicación de los tratamientos

Los extractos vegetales se aplicaron cuando no se observó ningún síntoma de la enfermedad, las aplicaciones se realizaron en las hojas 1 a 4 ya que se considera que los tratamientos serán más eficaces, correspondiendo el número 1 a la hoja más cercana a la hoja bandera, es decir, la hoja 1 fue la primera hoja completamente expandida. La hoja 2 fue la segunda hoja expandida y así sucesivamente hasta llegar a la hoja 4.

Figura 13.

Numeración de las hojas en plátano.



Nota. Conteo de hojas en la evaluación de la Sigatoka negra. **Fuente:** (Marin, 2018)

Las aplicaciones se realizaron con una fumigadora manual de 5 litros, con el método tradicional del productor; se realizará 8 diferentes aplicaciones cada 8 días para un total 2 meses que es más o menos tiempo que transcurre de la diferenciación floral a la emisión de bacota.

Como adherente natural en la aplicación de los extractos, se utilizará el aceite mineral en una medida de 3 mm/ litro de extracto, con el fin de evitar el fácil lavado de los productos naturales.

Figura 14.*Fumigación de los extractos vegetales en plátano.*

Nota. (a) Preparación de los extractos vegetales más el adherente vegetal, (b) fumigación de los extractos vegetales en las hojas de plátano. **Fuente:** elaboración propia.

Registro de datos. La toma de datos y evaluación de la eficacia de los tratamientos se realizaron durante 2 meses cada 8 días. Para determinar el área foliar enferma, se estimó visualmente el área total cubierta por todos los síntomas de la enfermedad en cada hoja y se calculó el porcentaje de la hoja cubierta por la enfermedad de acuerdo a los grados de la escala de Stover modificada.

Variables evaluadas. El número de hojas por planta (H/P); se contabiliza el número total de hojas evaluadas por cada planta y se divide por el número total de plantas. Hoja más Joven Enferma (HMJE), definida como la primera hoja que mostró síntomas visibles de la enfermedad (Brun, 1963), el número total de hojas se divide entre el número de plantas evaluadas, cuyo promedio representa la hoja más joven enferma. La hoja más joven con necrosis (HMJN) el número total determinado se divide entre el número de plantas evaluado, y cuyo promedio

indicará la hoja más joven con necrosis. Promedio Ponderado de Infección (PPI): $PPI = \sum (p \cdot g) \cdot 100^{-1}$, donde p = porcentaje de hojas de cada grado; g = valor del grado en la escala (Gauhl, 1989)

Análisis estadísticos

El método estadístico para evaluar dicho efecto fue el Análisis de Varianza. Cuando se encuentren diferencias significativas se aplicará la prueba de comparaciones múltiples de Tukey. El nivel de significancia utilizado para todas las pruebas fue del 5% y el paquete estadístico utilizado fue el SPSS versión 23.

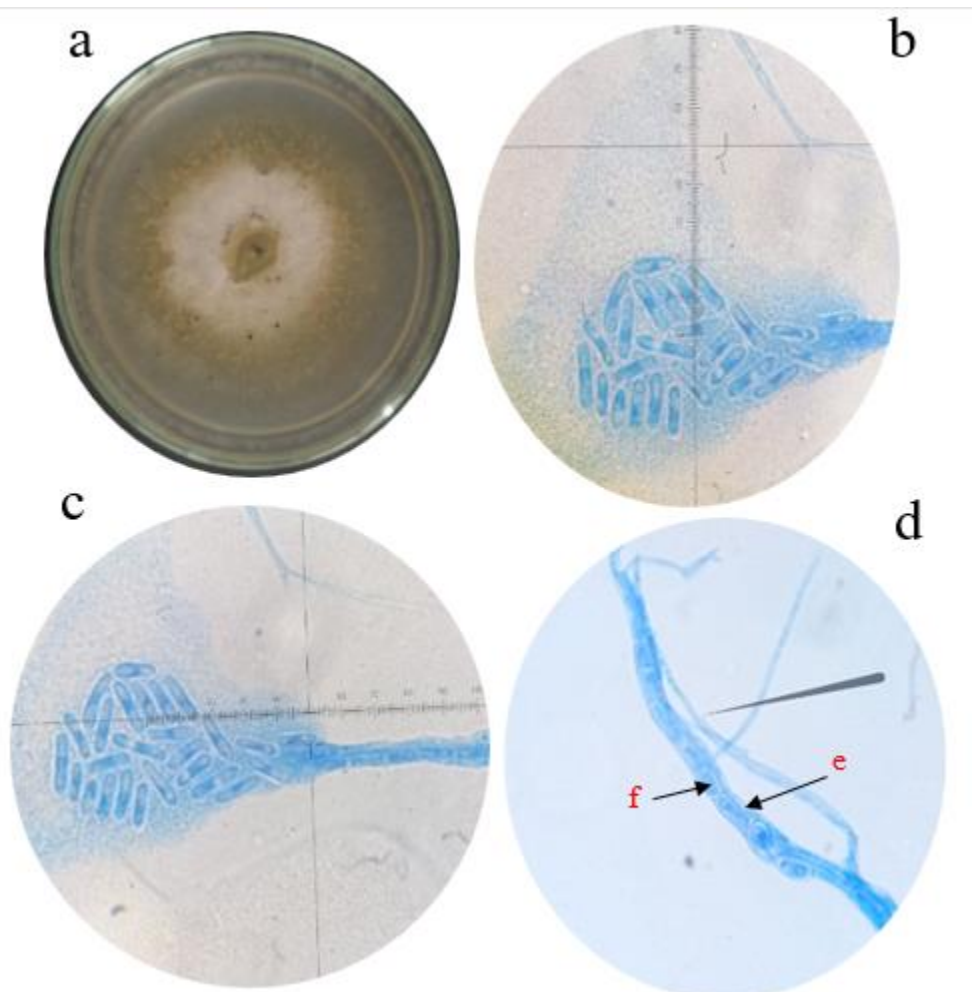
Capítulo IV

Resultados y análisis

Fase de laboratorio

*Identificación y caracterización de *Mycosphaerella fijiensis**

En el proceso de aislamiento de cepas puras del hongo *M. fijiensis* partir de muestras de hojas, se obtuvieron 5 colonias aisladas, de las cuales se presentó la caracterización microscópica típica reportadas por (Stover., 1969) y (Meredith & Lawrence, 1969), en la Figura 16 (c) se muestra que, las ascosporas fueron hialinas, globosas, con un septo y una pequeña constricción en el septo, formando dos células unidas, una de las cuales siempre fue ligeramente más abultada que la otra. El tamaño de las ascosporas varió de 15 a 16,5 μm de largo y de 3 a 4,2 μm de ancho ver Figura 16 (b). En su caracterización macroscópica la colonia presentó un crecimiento fúngico, con un micelio aéreo con apariencia algodonosa de color blanco-amarillenta, tanto por el anverso como por el reverso, sobre Agar Dextrosa Sabouraud ver Figura 16 (a). De acuerdo a estas observaciones, los aislamientos obtenidos fueron de *M. Fijiensis* (Stover R. , 1976)

Figura 15.*Características morfológicas de M. fijiensis*

Nota. a), se muestra el crecimiento macroscópico de *M. fijiensis*, en Sabouraud. En (b) Medición de las ascosporas 3 μm de ancho. (c) Medición de las ascosporas 15 μm de largo. (d) Imagen en microscopio óptico vista a 40X, con azul de lactofenol. (e) hifa epifítica (f) Ascosporas. **Fuente:** elaboración propia

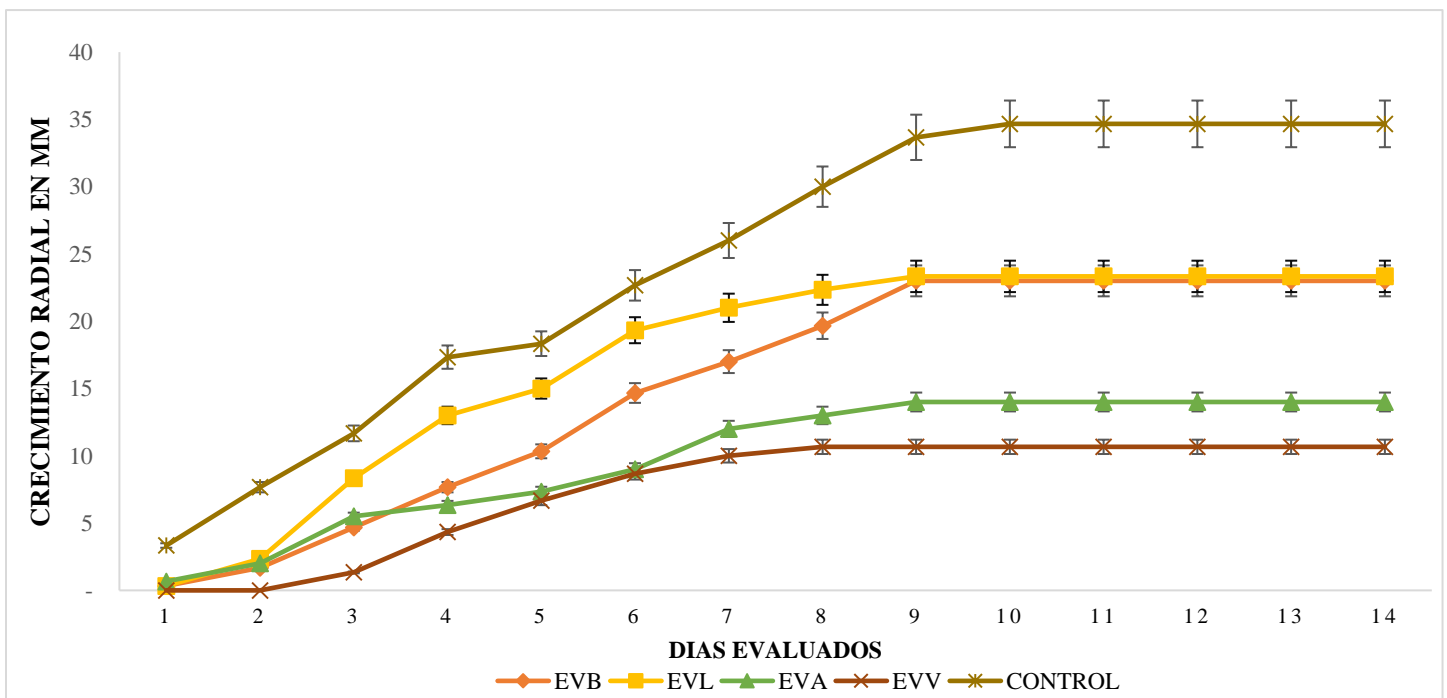
Efecto inhibitorio de los extractos vegetales en el crecimiento de *M. fijiensis*

En la figura 17 se observa que el extracto vegetal EVV inhibió el crecimiento micelial de *M. fijiensis*, en donde inicia con un crecimiento de 0,45 mm y finaliza en 10,68 mm al catorceavo día (Apéndice E), en comparación con el crecimiento de *M. fijiensis* sin tratamiento CONTROL que inicio con 0,45 mm y termino 34,67 mm ocupando casi todo el espacio disponible (Apéndice I), igualmente para el extracto vegetal EVA hubo una inhibió el

crecimiento racial de *M. fijiensis*, iniciando con 0,44 mm y terminado con 14,00 mm al catorceavo día (Apéndice F) . Lo cual indica un efecto inhibitorio por parte del de los extractos vegetales en el crecimiento de *M. fijiensis*, pero siendo el extracto vegetal EVV el que presenta una mayor inhibición del crecimiento radial. Por otra parte, que observa que los tratamientos EVB y EVL (Apéndice G y H) presentaron un crecimiento radial muy cerca del tratamiento CONTROL, demostrándonos que no causan un efecto inhibitorio importante en el crecimiento de *M. fijiensis*.

Figura 16.

Crecimiento de Mycosphaerella fijiensis en presencia de los extractos vegetales



Nota. Crecimiento radial en mm de *M. fijiensis*, en enfrentamiento con los tratamientos extracto vegetal de albaca (EVB), extracto vegetal de limonaria (EVL), extracto vegetal de altamisa (EVA), extracto vegetal de valeriana (EVV) y control. **Fuente:** elaboración propia.

Al comparar los crecimientos radiales del micelio de los hongos expuestos a los tratamientos, se encontró que hay diferencia significativa con un P-valor ,000 ($P < 0,05$) con un nivel de significancia del 5% bajo la técnica estadística ANOVA (Apéndice A), para evidenciar dónde están las diferencias significativas se aplicó una prueba de comparaciones múltiples de Tukey, que según esta se agrupa en tres grupos, siendo el tratamiento EVV el que tuvo una mayor inhibición de crecimiento radial de *M. fijiensis* ver resultados tabla 3.

Tabla 3.

Comparación del crecimiento radial del de los extractos vegetales prueba de Tukey.

TRATAMIENTOS	N	Subconjunto para alfa = 0.05		
		1	2	3
Extracto vegetal de valeriana	14	7,54c		
Extracto vegetal de altamisa	14	9,91	9,91bc	
Extracto vegetal de albaca	14	15,28	15,28bc	
Extracto vegetal de limonaria	14		17,18ab	17,18ab
Control	14			24,57a
Sig.		,081	,115	,106

Nota. En la tabla de resultados se muestra la división de los tratamientos en subconjuntos dependiendo del nivel de significancia. **Fuente:** elaboración propia.

Fase Campo

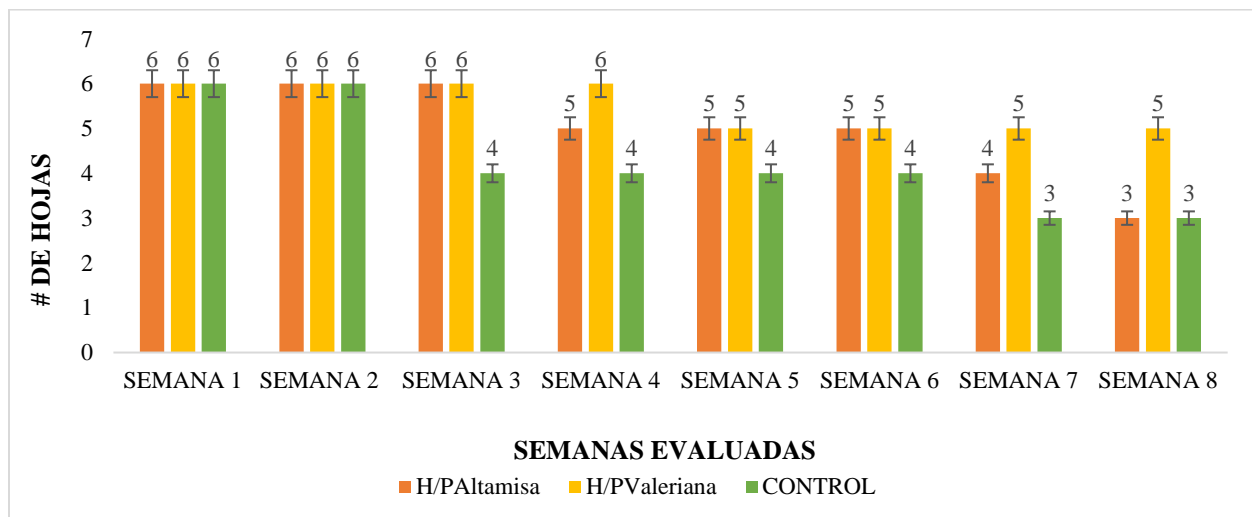
Efecto de los extractos vegetales sobre el número de hojas por planta (H/P)

En la Figura 18, se puede apreciar que en el lapso comprendido entre el inicio del ensayo y el final de este para la variable H/P el tratamiento EVV presentó un mayor número de hojas verdes en comparación con el EVA y el control, que se redujeron a 3 hojas sanas por planta.

En el tratamiento EVV se observa que después de la semana 5 solo se presenta la caída de 1 hojas, la cual no fue incluida en la aplicación del tratamiento, ya que solo las 4 primeras hojas se les aplico EVV, por otra parte el EVA desde la semana 4 hasta la semana 8 se presenta la caída de 3 hojas, de las cuales a 1 se les hacía aplicación del tratamiento EVA. Así mismo podemos ver que la parcela CONTROL desde la semana 3 hasta la semana 8 presenta la caída de 4 hojas,

Figura 17.

Resultados para la variable promedio de hojas verdes por plantas (H/P)



Nota. Se muestra los resultados del promedio de hojas verdes por plantas para los diferentes tratamientos en 8 semanas. Fuente: elaboración propia.

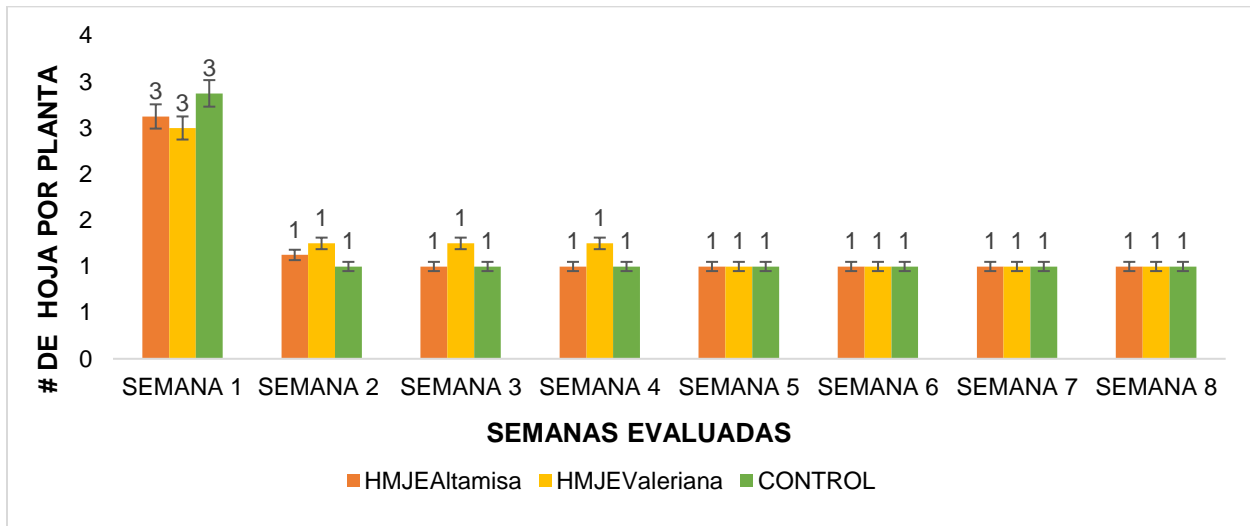
Efecto de los extractos vegetales sobre la variable hoja más joven enferma (HMJE)

En la Figura 19, Se observa el avance de los síntomas visibles en el estadio 1 de la enfermedad de la Sigatoka negra con respecto a la variable HMJE en el transcurso de 8 semanas, que desde la semana 1 fueron visibles los síntomas de la enfermedad en su estadio 1 Foure (1987), en la hoja 2, esto dando a entender que ninguno de los tratamientos EVV y EVA pudo contrarrestar la penetración del inoculo de *M. fijiensis* en las hojas del plátano, ya que los en la

comparación de los resultados la parcela CONTROL fueron iguales desde la primera semana, acabe anotar que el tratamiento EVV tuvo una pequeña resistencia al retrasar los síntomas visibles para la hoja 1 hasta la semana 5, en comparación con el tratamiento EVA que a la semana 3 ya eran visibles estos síntomas en la hoja 1 para la parcela CONTROL lo fue desde la semana 2.

Figura 18.

Resultados para la variable hoja más joven enferma (HMJE).



Nota. Resultados para la variable hoja más joven enferma (HMJE) durante 8 semanas **Fuente:** elaboración propia.

Para la variable HMJE los tratamientos EVV y EVA en comparación con la parcela CONTROL no presentaron diferencia estadística significativa con un P-valor ,025 ($P < 0,05$) con un nivel de significancia del 5% bajo la técnica estadística ANOVA. Además se aplicó una prueba de comparaciones múltiples de Tukey, y según esta todos los tratamientos presentan un mismo nivel de significancia de P-valor ,975 ($P < 0,05$), ver resultados tabla 4.

Tabla 4.

Prueba de Tukey para la variable la variable hoja más joven enferma (HMJE).

HSD Tukey ^a			
HMJE	N	Subconjunto para alfa = 0.05	Interpretación
		1	
HMJEA	8	1,2188	No se presentan diferencias significativas
CONTROL	8	1,2344	
HMJEV	8	1,2813	
Sig.		,975	

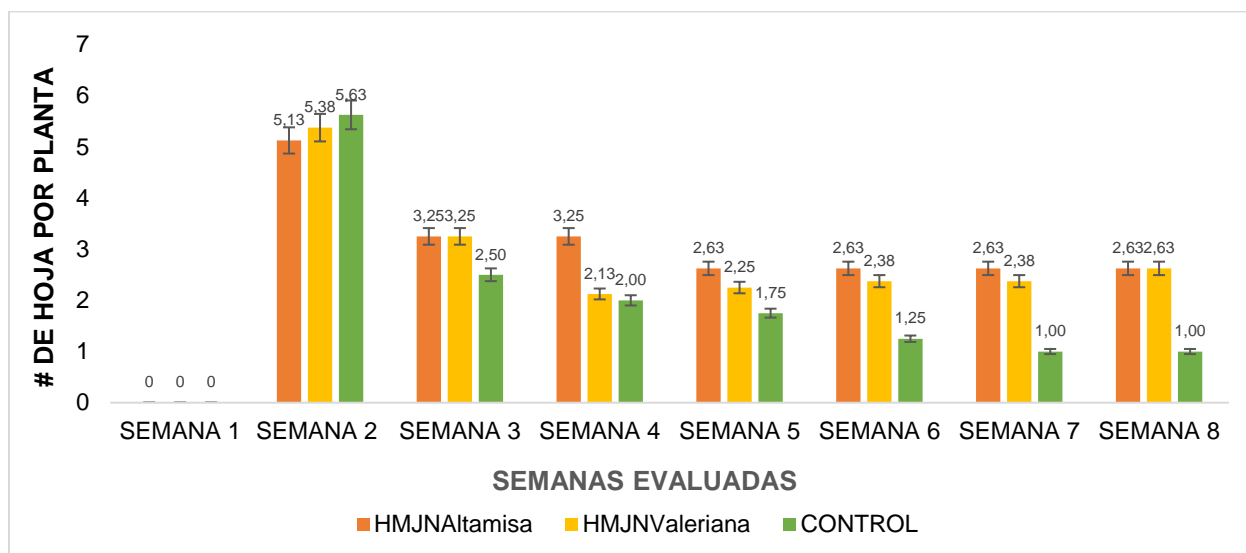
Nota. Se observa que en todos los tratamientos no se presentan diferencias significativas. **Fuente:** elaboración propia.

Efecto de los extractos vegetales sobre la variable la hoja más joven con necrosis (HMJN)

En la Figura 20, la variable hoja más joven enferma con necrosis, nos muestra que los tratamientos EVA y EVV no tuvieron un efecto en controlador en los síntomas de la enfermedad en el estadio 2, en el cual la enfermedad crea signos de necrosis en las hojas (Foure, 1987), ya que desde semana 3 los síntomas visibles fueron en la posición 4 de la hoja, y desde ahí hasta el final del ensayo en la semana 8 los síntomas se presentaron hasta la hoja 2. E igualmente con la PSEV que en el lapso comprendido entre el inicio del ensayo y la semana 8, se evidencian más rápido el avance de los síntomas visibles en la hoja de la posición 2.

Figura 19.

Resultados para la variable la hoja más joven con necrosis (HMJN).



Nota. Se observa que en transcurso de 8 semanas los tratamientos no causaron un control en de los síntomas de la Sigatoka negra. **Fuente:** elaboración propia.

Para la variable HMJN los tratamientos EVV y EVA en comparación con PSEV no se presentó una diferencia estadística significativa con un P-valor ,025 ($P < 0,05$) con un nivel de significancia del 5% bajo la técnica estadística ANOVA. Para evidenciar que no hay diferencias significativas se aplicó una prueba de comparaciones múltiples de Tukey, y según esta todos los tratamientos presentan un mismo nivel de significancia de P-valor ,184 ($P < 0,05$), ver resultados tabla 5.

Tabla 5.

Prueba de Tukey para la variable la hoja más joven con necrosis (HMJN).

HSD Tukey ^a	Interpretación	
	Subconjunto para alfa = 0.05	
HMJN	1	
CONTROL	8	1,6563
HMJNV	8	2,4219
HMJNA	8	2,5156
Sig.	,184	

No se presentan diferencias
significativas

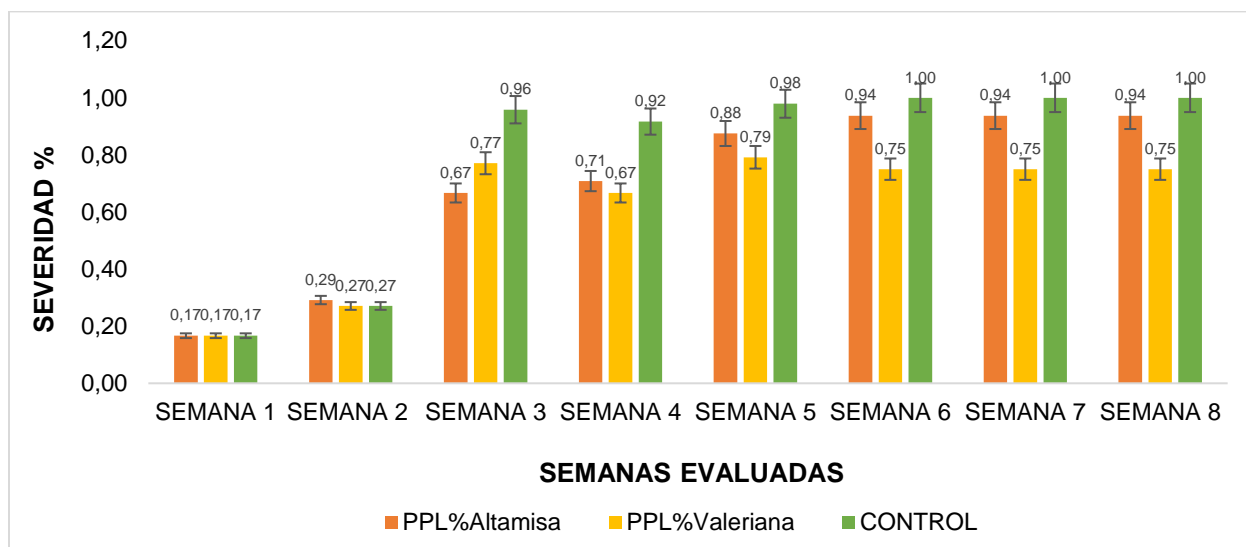
Nota. Se observa que para todos los tratamientos comparados el nivel de significancia de P-valor ,184 ($P < 0,05$) es igual. **Fuente:** elaboración propia.

Efecto de los extractos vegetales sobre el promedio ponderado de infección (PPI)

Con respecto a esta variable la Figura 21, muestra que para el tratamiento EVV se observó una tendencia hacia un mayor efecto sobre la severidad de la enfermedad en las hojas, presentando una severidad de 0.75% en la semana 8, que fue la toma final de registro de datos, en comparación de la parcela CONTROL que en la semana 8 su porcentaje de severidad fue de 1%, esta variable fluctúa entre 0 y 6, donde entre mayor es el valor, mayor es la severidad (Marin, 2018).

Figura 20.

Resultados de la variable el promedio ponderado de infección (PPI)



Nota. Se observa que en transcurso de 8 semanas para la variable el promedio ponderado de infección (PPI) los tratamientos no causaron un control estadístico en de los síntomas de la Sigatoka negra. **Fuente:** elaboración propia.

Estadísticamente no se presenta una diferencia significativa con un P-valor ,509 ($P < 0,05$) con un nivel de significancia del 5%, entre los dos extractos vegetales EVV y EVA contra la parcela CONTROL ya que al ser una diferencia baja la prueba de Tukey no arroja los subgrupos que los diferenciarían (Ver Tabla 6). Pero se puede mencionar que los extractos Vegetales de Valeriana muestran una reducción pequeña en la severidad de la enfermedad de la Sigatoka negra en plátano.

Tabla 6.

Prueba de Tukey para la variable el promedio ponderado de infección (PPI%)

HSD Tukey ^a	Interpretación	
PPL	N	Subconjunto para alfa = 0.05
		1
PPLV	8	,6146
PPLA	8	,6901
CONTROL	8	,7865
Sig.		,509

No se presentan diferencias significativas

Nota. Se observa para todos los tratamientos en comparación el nivel de significancia de P-valor ,509 ($P < 0,05$) es igual. **Fuente:** elaboración propia.

Conclusiones

En los ensayos *in vitro* en laboratorio el extracto vegetal Valeriana mostro una tendencia a inhibir el crecimiento micelial de *M. fijiensis*, en comparación con el crecimiento del hongo sin ningún tratamiento, aunque estadísticamente entre los tratamientos de extractos vegetales no se presentó una diferencia estadística significativa si la hubo en comparación con el control sin tratamientos.

En los ensayos *in vitro* resultaron superiores en efecto inhibitorio sobre el crecimiento micelial de *M. fijiensis* los extractos de valeriana, altamisa y albahaca que no difieren estadísticamente entre sí, pero si con el testigo, sin embargo, el extractos de valeriana manifestó mayor inhibición que el de limonaria desde el punto de vista estadístico, lo que no ocurrió para los de altamisa y albahaca.

En las pruebas en campo los resultados de los tratamientos de extractos vegetales para el control de la Sigatoka en las diferentes variables medidas no mostraron diferencia estadística significativa entre ellos, ni en comparación con las plantas que no fueron sometidas a los tratamientos;

Recomendaciones

Se recomienda continuar con la investigación bajo otras condiciones de presión de inóculo, además de los estudios para clarifica los mecanismos de acción y los componentes activos de los extractos vegetales, además de continuar en la búsqueda de especies que brinden un control orgánico contra a Sigatoka negra.

Referentes bibliográficos

- Álvarez, Z. U. (2004). *Extracción de aceites esenciales con vapor de agua: banco de ensayos y propuesta de plan de negocio*. Medellín : Universidad Nacional .
- Ayala, C. M. (2014). Evaluación de la actividad antifúngica del quitosano contra el hongo *Mycosphaerella fijiensis* Morelet que produce la Sigatoka Negra que ataca el Platano. *Revista Iberoamericana de olimeris*, 312-338.
- Banano. (2013). *Banano en Ecuador Oracle*. ecuador : Think Quest. Recuperos el 29 de Marzo del 2021, de <http://library.thinkquest.org/C005501F/banano.htm>.
- Bornacelly, H. (2009). *Estudio del ciclo de vida de Mycosphaerella Fijiensis en tres clones de banano (musa AAA) en tres regiones de la zona bananera de la magdalena*. magdalena, colombia : Tesis de Grado .
- Carlier, J. (2004). *Estructura genética y dispersión de la población de Mycosphaerella fijiensis*. *Revista internacional sobre bananos y plátanos*. Infomusa, 13 (2) 17-19.
- Cervantes, A., L. Y., Sánchez, A., Colmenares, C., & Jaramillo, E. (2020). Evaluación del desarrollo de micelios de *Mycosphaerella Fijiensis* Morelet, recolectados en el centro y lindero en plantación de *Musa sp. AAA*. *Revista Metropolitana de Ciencias Aplicadas*, III(3), 246-252. Obtenido de <https://remca.umet.edu.ec/index.php/REMCA/article/view/338>
- Chaverra, O. &. (2000). *Curso de actualización de tecnología en el cultivo de plátano con énfasis en postcosecha*. Unguía, Chocó: CORPOICA.

- ConceptoDefinición. (17 de Mayo de 2021). *Plátano*. Obtenido de <https://conceptodefinicion.de/platano/>
- Douglas, .. H. (2018). *INSTRUCTIVO PARA LA EVALUACION DE INCIDENCIA Y SEVERIDAD DE LA SIGATOKA NEGRA (Mycosphaerella fijiensis MORELET)*.
- Etebu, E., & Young, W. (2011). Control of black Sigatoka disease: Challenges and prospects. *African Journal of Agricultural Research*, 508-514.
- Ezziyyani, .. P. (2004.). Biocontrol por *Streptomyces rochei*-Ziyani, de la podredumbre del pimiento (*Capsicum annum* L.) causada por *Phytophthora capsici*. *Anal Biol.*, 26:69-78.
- Fernández, .. R., Trapero, A., & Domínguez, J. (2011). *Experimentación en agricultura*. Sevilla: Junta de Andalucía. Consejería de Agricultura y Pesca. Obtenido de <https://www.juntadeandalucia.es/export/drupaljda/1337160941EXPERIMENTACION.pdf>
- Flores, E. H. (2018). . Producción de *Trichoderma* spp, en diferentes sustratos. . *Revista Estudiantil AGRO – VET.*, 2(2), pp. 220-224.
- Fouré, E. (1987). *Varietal reactions of bananas and plantains to black leaf streak disease*. In: *Banana and Plantain Breeding Strategies: Proceedings of an International Workshop*,. Canberra, Australia: Persley, G.J. and De Langhe, E.A., eds.
- Frutorcrop. (2019). *Control de plagas mediante extractos vegetales*. Recuperado 5 de marzo de 2021, <https://futurcrop.com/es/blog/post/control-de-plagas-mediante-extractos-vegetales>.
- Gañán, F. (2007). Prácticas de manejo de las Sigatoka amarilla y negra en plátano Dominico Hartón. *Agronomía*, 39–48.
- Garnica, A. (2006). *El cultivo del plátano en los llanos orientales, Aspectos generales y principales labores*. Villavicencio, Meta.

- Gauhl, F. (1989). Epidemiología y ecología de la Sigatoka negra (*Mycosphaerella fijiensis*) en plátano (*Musa* sp.). *Tesis Ph.D. Univ. Gottingen (Alemania). Trad. Por Jaime Espinoza. Unión de Países Exportadores de Banano (UPEB). 126 p.*
- Geilfu, F. (2009). *80 herramientas para el desarrollo participativo: diagnóstico, planificación, monitoreo, evaluación. Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura (IICA). San Jose, Costa Rica: IICA.*
- Gepp, V. (Agosto de 2009). *Clave para identificar hongos y pseudohongos fitopatógenos comunes.* Obtenido de http://www.pv.fagro.edu.uy/fitopato/cursos/fitopato/practicas/Clave_hongos.pdf
- Gobernacion de Arauca. (19 de Diciembre de 2016). *Municipio de Saravena.* Obtenido de <https://www.arauca.gov.co/gobernacion/municipios/municipio-de-saravena>
- GOV.CO. (4 de Mayo de 2021). *Veredas de saravena.* Obtenido de https://www.datos.gov.co/Ordenamiento-Territorial/Saravena-Arauca-Veredas/rxea-m2e5?no_mobile=true [Accessed 1 April 2021].
- Gutiérrez, E. P. (2017). Effect of natural oils against *Mycosphaerella fijiensis* under in vitro conditions and detection of active plant chemicals. *Revista Mexicana de Fitopatología* , 141-150.
- Guzmán, M. (2012). Control biológico y cultural de la sigatoka- negra. *In Tropical Plant Pathology.*
- Hernández, E., Garrido, E., Iracheta, L., Gracia, G., Blondy, C., & Hernandez, P. (2016). Evaluación de la Tolerancia de Genotipos de Banano a Sigatoka Negra (*Mycosphaerella fijiensis* Morelet) en el Soconusco. *Revista Mexicana de Agroecosistemas*, 5-23.

- Hollier, C. (2004). *Integrated pest management. In: Trigiano RN, Windham MT, Windham AS (Eds.) Plant Pathology. Concepts, and laboratory excercises.* Florida, USA : CRC Press. Boca Raton, pp. 337-344. .
- Hoyos, G. (2007). . Evaluación de resistencia de Mbouroukou (África 1) y FHIA 03 a la Sigatoka negra y Sigatoka amarilla. *Agronomía* , 67–76.
- ICA. (15 de Junio de 2020). *Resolución 68370.* Obtenido de https://normograma.invima.gov.co/normograma/docs/resolucion_ica_68370_2020.htm#30
- InfoAgro.com. (21 de Junio de 2021). *El cultivo del Plátano.* Obtenido de https://www.infoagro.com/frutas/frutas_tropicales/platano.htm
- InfoAgrónomo. (24 de Febrero de 2018). *Manual de Producción de Fresa.* doi:<https://infoagronomo.net/manual-produccion-de-fresa-pdf/>
- Intagri. (Octubre de 2018). *Manejo de la Sigatoka Negra en Banano.* Obtenido de <https://www.intagri.com/articulos/frutales/manejo-de-la-sigatoka-negra-en-banano>
- Jimenez, .. F., & Tumbaco, .. V. (2011). *Evaluación del efecto sobre Sigatoka negra, en hojas separadas de banano, Cavendish (variedad Williams) del extracto de Melaleuca alternifolia en tres zonas del litoral Ecuatoriano.* Guayaquil, Ecuador.: Tesis inédita de grado. Escuela Superio Politécnica del Litoral.
- Lazo, J. V., Escalona, A., & Muñoz, J. A. (2012). *Evaluación experimental del clorotalonil en el control de la sigatoka negra (Mycosphaerella fijiensis) en plantaciones de plátano (Musa spp. AAB).* Cagua: Agropatria C.A.
- Lopez, M. (2004). *Los aceites esenciales Aplicaciones farmacológicas, cosméticas y alimentarias.* . . Fitoterapia, 23(7), 88-91.

- Marín, .. H., & Romero, R. A. (2003). Black Sigatoka: An increasing threat to banana cultivation. *Plant disease*, 208-222.
- Marin, D. (Noviembre de 2018). *Intructivo para la Evaluacion de Inceidencia y Seeridad de la Sigatoka negra (Mycosphaerella fijiensis MORELET)*. Obtenido de https://ditisa.net/files/5ffdc14f1f74_Anexo%204.2-1_Instructivo%20para%20la%20evaluaci%20n%20de%20Incidencia%20y%20Severidad%20de%20la%20Sigatoka%20negra.pdf
- Marín, D., & Romero, R. (1992.). El combate de la Sigatoka negra. *Corporación Bananera Nacional, S.A., Departamento de Investigaciones,*, Boletín de No. 4.
- Marín, J., Mass, M., V, B., & Robles, J. (2008). Evaluación de extractos vegetales para el control de *Mycosphaerella fijiensis* en plátano en Tierralta - Córdoba. *Temas Agrarios*, 25-31.
- Martínez, E., Dotor, M., & Chaparro, S. (2014). Validación de un método voltamétrico para la cuantificación de mancozeb en cebolla cabezona (*Allium cepa* L.). *Actualidad & Divulgación Científica*, 607-611.
- Martinez, F. B. (2003). Phenotypic Differences between vacuma and transposa subpopulations of *Botrytis cinerea*. *European Journal of Plant Pathology*, 479-488.
- Martínez., A. (1999). *Aspectos generales y principales labores del cultivo del plátano. Manual instruccional no. 01- El cultivo del plátano en los llanos orientales*. Villavicencio, Meta.
- Mateus, G. (1987). *Guía de laboratorio para el diagnóstico de sigatoka negra (Mycosphaerella fijiensis)*. Colombia: ICA.
- Medina, G., & Díaz, J. (2010). Modelo de manejo integrado de Sigatokanegra en plantaciones bananeras de Banacol en Colombia. *En Memorias Acorbat XIX reunión Internacional*. Medellín.

- Merchán, V. (1997). *Prevención y manejo de la Sigatoka Negra*. Manizales: ICA.
doi:<http://hdl.handle.net/20.500.12324/15357>
- Meredith, D., & Lawrence, J. (1969). Black leaf streak disease of bananas (*Mycosphaerella fijiensis* Morelet): symptoms. of the disease in Hawaii and notes on the conidial state of the causal fungus. *The British Mycological Society*, 476.
- Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural. (13 de Marzo de 2020). *Dirección de Cadenas Agrícolas y Forestales*. Obtenido de <file:///C:/Users/usuario/AppData/Local/Temp/2020-03-31%20Cifras%20Sectoriales.pdf>
- Moreno, P. &. (2005). *Aislamiento y conservacion del hongo de la sigatoka negra*. Guayaquil: Trabajo final para la obtención del título:Tecnólogo en Agricultura Espol fimcp.
- Mosquera, O., Echeverry, L., & Osorio, J. (2009). Evaluación de la actividad antifúngica de extractos vegetales sobre el hongo *Mycosphaerella fijiensis* Morelet. *Scientia et Technica*, 232-236.
- Nava, E. G. (2012). Bioplaguicidas: una opción para el control biológico de plagas. *Ra Ximhai*, 8(3b), pp. 17-29.
- Orozco, M., Orozco, J., Perez, O., Manzo, G., Farías, J., & Silva, W. (2008). Prácticas Culturales para el manejo de la Sigatoka Negra en bananos y plátanos. *Tropical Plant Pathology*, XXXIII(3), 189-196. Obtenido de <https://www.scielo.br/j/tpp/a/sfk79TX5GLKJHfYH6ymrVTB/?format=pdf&lang=es>
- Osorio, O. M. (2009). *Evaluación De La Actividad Antifungica De Extractos Vegetales Sobre El Hongo Mycosphaerella fijiensis Morelet*. Pereira, Colombia : Universidad Tecnologica de Pereira.

- Parra, D. M. (2018). *Evaluación del antagonista Trichoderma spp., contra enfermedades radiculares de Lactuca sativa L. var. Inybacea (Hort) y Capitata L., en el municipio de Pamplona*. Pamplona, Colombia.: Tesis de Pregrado, Universidad de Pamplona.
- Peñuelas, O., Arrellano, M., & Vargas, I. (2015). Bioactividad in vitro de extractos de gobernadores (*Larrea tridentata*) sobre la inhibición de hongos poscosecha: *Alternaria tenuissima*, *Aspergillus niger*. *Polibotanica*, 40: 183-198.
- Pérez, L. (Marzo de 2006). Manejo Convencional y Alternativo de la Sigatoka Negra En Bananos: Estado Actual Y Perspectivas. *Fitosanidad*, X(1), 55-72.
doi:<https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=209116158009>
- Pérez, V. (15 de Marzo de 2012). Epidemiología y manejo de la Sigatoka negra (*Mycosphaerella fijiensis* Morelet) del banano (*Musa AAA*). *Revista mexicana de Fitopatología*, 13.
Obtenido de
http://www.biblio.colpos.mx:8080/jspui/bitstream/handle/10521/256/Sanchez_Borja_M_DC_Fitosanidad_2010.p
- Ramon, M. F. (2017). *Efecto Biofungicida De Aceites Esenciales En El Control De La Sigatoka negra (Mycosphaerella fijiensis) En El Cultivo De Banano*. Machala, Ecuador: Universidad Técnica De Machala.
- Romero, R. (1994.). Calculation of infection index. Technical Guidelines for IMTP Phase II: Sigatoka Sites. P.277. In D.R. Jones ed. The improvement and testing of Musa: a global Partnership. *Proceeding of the First Global Conference of the International Musa Testing Program held at FHIA, Honduras.*, Francia : International Network for the Improvement of Banana and Plantain (INIBAP).

- Rural, M. d. (2020). *Subsector Productivo de Plátano. Direcció de Cadenas Agrícolas y Forestales*.
- Sánchez, I. (2004). *Problemática del Uso de los Productos Fitosanitarios en el Olivar: Suelo y Agua*. Obtenido de <https://slideplayer.es/slide/113336/>
- Santiveri. (7 de Abril de 2017). *Extractos vegetales de plantas medicinales, eficaces y fáciles de usar*. Obtenido de <https://inspiraciones.santiveri.com/extractos-vegetales-de-plantas-medicinales-eficaces-y-faciles-de-usar/>
- Simmonds, N. (1996). *Bananas*. Gran Bretaña: Western Printing Services Ltd.
- Stover, R. (1963). Leaf spot of bananas caused by *Mycosphaerella musicola*: Associated ascomycetous fungi. *Canadian Journal*, 41(10):1481-1485.
- Stover, R. (1969). *The Mycosphaerella species associated with banana leaf spots*. Trinidad: Tropical Agriculture.
- Stover, R. (1971). proposed international scale for estimating intensity of banana leaf spot. *Tropical Agriculture*., 48:185-196.
- Stover, R. (1976). Distribution and cultural characteristics of the pathogens causing banana leaf spot. *Tropical Agriculture*, 111-114.
- Tumbaco, J. (2011). *Evaluación del efecto sobre la Sigatoka negra, en hojas separas de banano, Cavendish (Variedad Williams), de estrato de Melaleuca Alternifolia en 3 zonas del litoral ecuatoriano*. Ecuador.
- Vanderplank, J. (1969). *Disease Resistance in Planst*. Academic Press.
- Vargas, J., Rodriguez, D., Sanabria, M., & Hernandez, J. (2009). Efecto de tres extractos vegetales sobre la Sigatoka negra del plátano (Musa AAB cv. Hartón). *Revista UDO Agrícola*, 182- 190.

Vargas, R. (1998). Sensibilidad in vitro de la Sigatoka Negra (*Mycosphaerella fijiensis*, Morelet) a siete fungicidas inhibidores de la biosíntesis del ergosterol (IBE), a un benzimidazol y un metoxiacrilato, en plantaciones comerciales de banano (*Musa AAA*). *ITCR*.

Apéndices

Apéndice A. Resultados de ANOVA del crecimiento de *Mycosphaerella fijiensis* en presencia de los extractos vegetales

	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.	Interpretación
Entre grupos	2489,434	4	622,359	10,096	,000	Hay diferencias significativas
Dentro de grupos	4006,823	65	61,643			
Total	6496,257	69				

Nota. Se muestra los resultados de la prueba de ANOVA con un P-valor ,000 ($P < 0,05$) con un nivel de significancia del 5% para los tratamientos. **Fuente:** elaboración propia.

Apéndice B. Resultados de ANOVA para la variable HMJE

	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Entre grupos	,017	2	,008	,025	,975
Dentro de grupos	7,154	21	,341		
Total	7,171	23			

Nota. Se muestra los resultados de la prueba de ANOVA con un P-valor ,025 ($P < 0,05$) con un nivel de significancia del 5% para los tratamientos. **Fuente:** elaboración propia.

Apéndice C. Resultados de ANOVA para la variable HMJN.

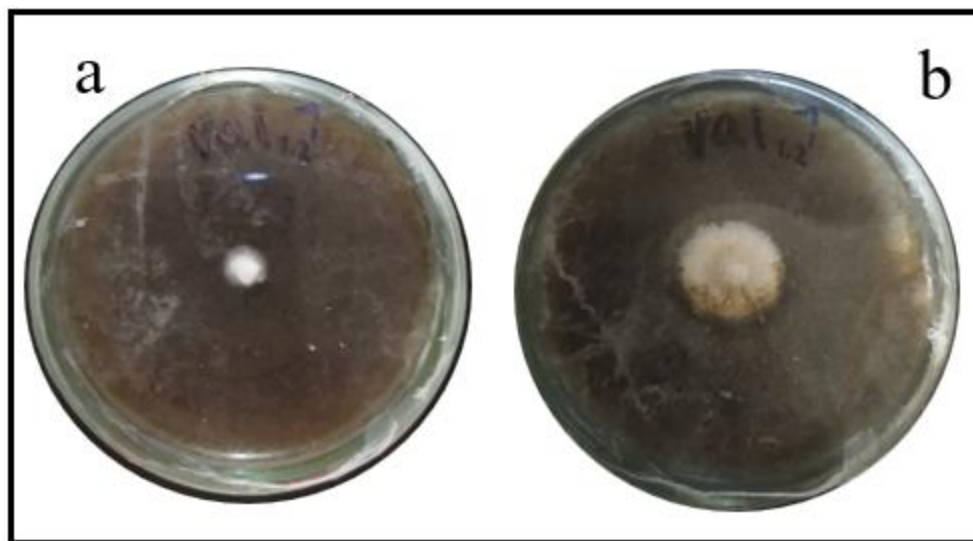
	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.	Interpretación
Entre grupos	3,556	2	1,778	2,018	,158	No hay diferencias significativas
Dentro de grupos	18,504	21	,881			
Total	22,060	23				

Nota. Se muestra los resultados de la prueba de ANOVA con un P-valor ,158 ($P < 0,05$) con un nivel de significancia del 5% para los tratamientos. **Fuente:** elaboración propia.

Apéndice D. Resultados de ANOVA para la variable PPI%.

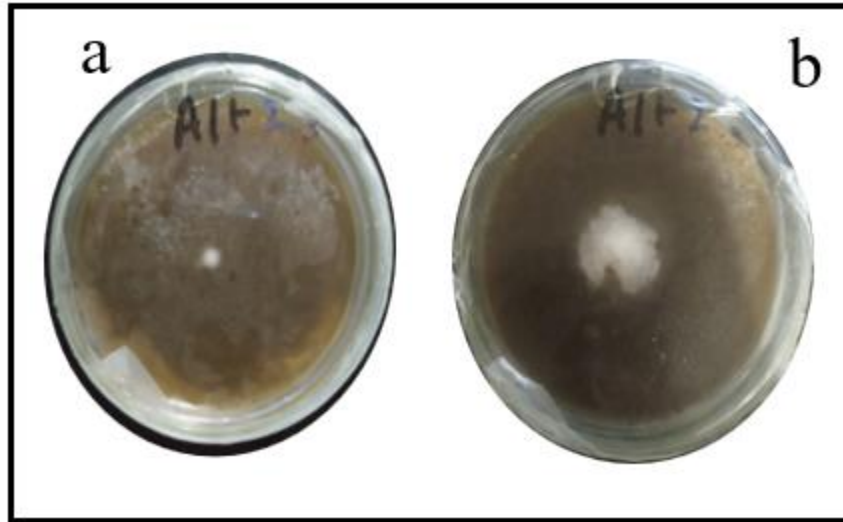
	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.	Interpretación
Entre grupos	,017	2	,008	,025	,975	No hay diferencias significativas
Dentro de grupos	7,154	21	,341			
Total	7,171	23				

Nota. Se muestra los resultados de la prueba de ANOVA con un P-valor ,975 ($P < 0,05$) con un nivel de significancia del 5% para los tratamientos. **Fuente:** elaboración propia.

Apéndice E. Crecimiento radial del micelio *M. fijiensis* en EVV.

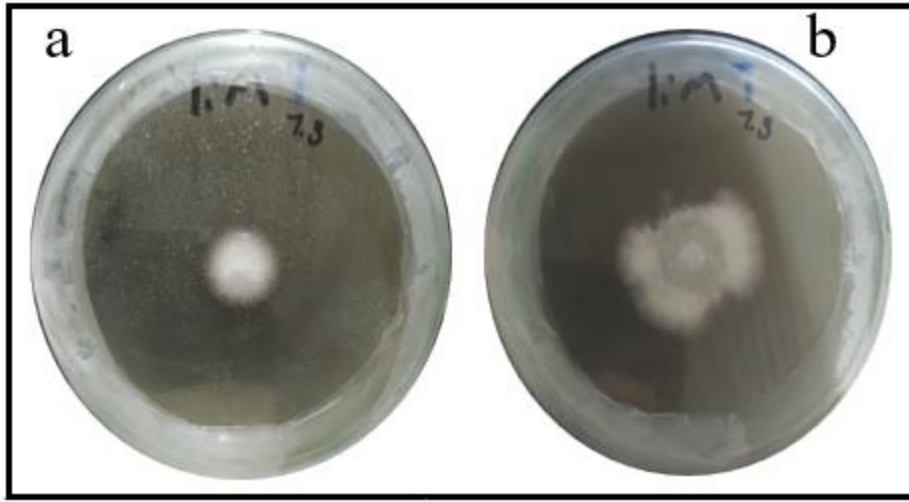
Nota. (a) Crecimiento *M. fijiensis* en medio de cultivo SABOURAUD con extracto vegetal Valeriana a los 3 días de la siembra y (b) crecimiento de *M. fijiensis* a los 9 días después de la siembra. **Fuente:** elaboración propia.

Apéndice F. Crecimiento radial del micelio *M. fijiensis* en EVA.



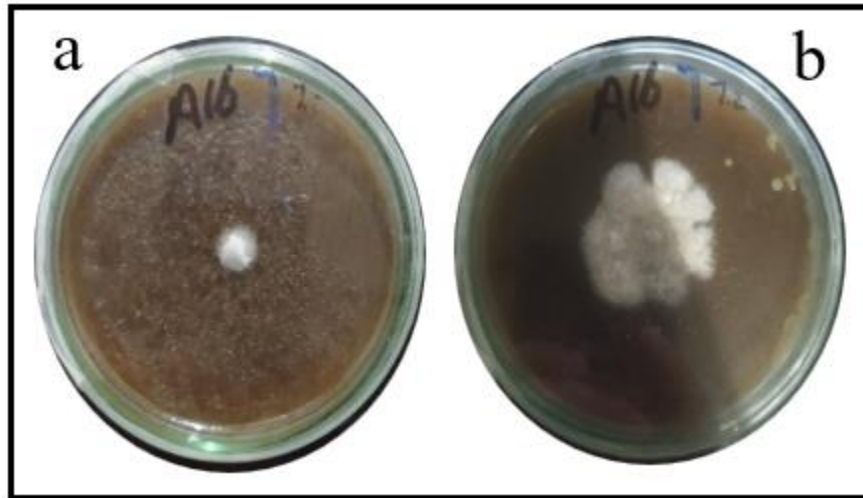
Nota. Crecimiento de *M. fijiensis* en medio de cultivo SABOURAUD con extracto vegetal Altamisa a los 3 días de la siembra y (b) crecimiento de *M. fijiensis* en a los 9 días después de la siembra. **Fuente:** elaboración propia.

Apéndice G. Crecimiento radial del micelio *M. fijiensis* en EVL.



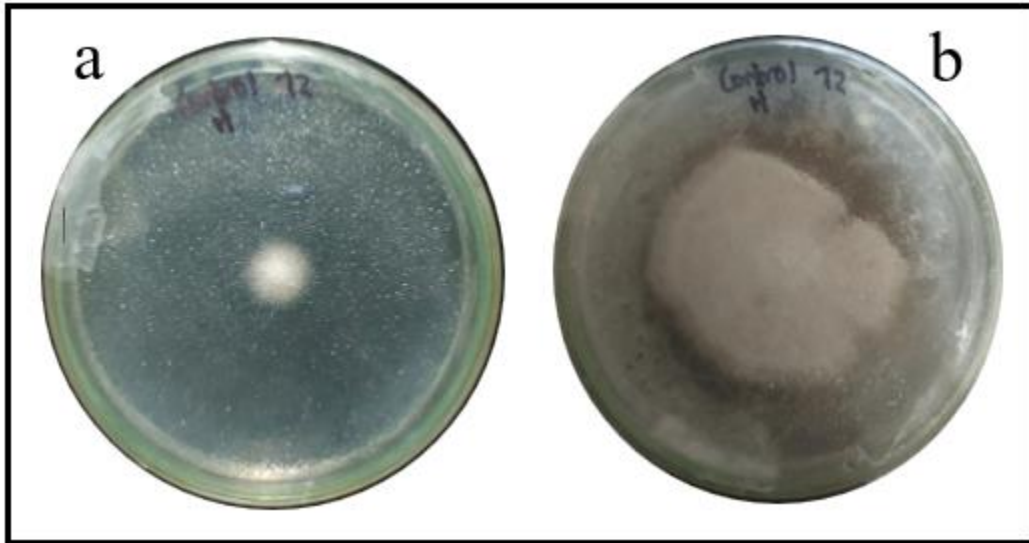
Nota. Crecimiento de *M. fijiensis* en medio de cultivo SABOURAUD con extracto vegetal limonaria a los 3 días de la siembra y (b) crecimiento de *M. fijiensis* a los 9 días después de la siembra. **Fuente:** elaboración propia.

Apéndice H. Crecimiento radial del micelio *M. fijiensis* en EVB.



Nota. Crecimiento de *M. fijiensis* en medio de cultivo **SABOURAUD** con extracto vegetal Albaca a los 3 días de la siembra y (b) crecimiento de *M. fijiensis* a los 9 días después de la siembra. **Fuente:** elaboración propia.

Apéndice I. Crecimiento radial del micelio *M. fijiensis* CONTROL



Nota. (a) Crecimiento del hongo *M. fijiensis* en medio de cultivo SABOURAUD sin extracto vegetal a los 3 días de la siembra y (b) crecimiento del hongo a los 9 días después de la siembra. **Fuente:** elaboración propia.