

**Escalas de valoración de dosis de silicio para el control
de SIGATOKA NEGRA (*Pseudocercospora fijiensis*)
EN EL CULTIVO DE BANANO (*Musa acuminata* L.)**



ESCALAS DE VALORACIÓN DE DOSIS DE SILICIO PARA EL CONTROL DE SIGATOKA NEGRA (*Pseudocercospora fijiensis*) EN EL CULTIVO DE BANANO (*Musa acuminata* L.)

- Publicado por:** Universidad Técnica Estatal de Quevedo.
Dir. Av. Quito km 1½ vía a Santo Domingo de los Tsáchilas, Quevedo, Ecuador. www.uteq.edu.ec.
- Derechos reservados:** © Universidad Técnica Estatal de Quevedo, Ecuador 2023.
Dirección de Investigación Ciencia y Tecnología (DICYT).
Se autoriza la reproducción de esta publicación con fines educativos y otros que no sean comerciales sin permiso escrito previo detentar el derecho de autor, mencionando la cita.
- Cita del libro:** Pérez F. y Herrera F. 2023. Escalas de valoración de dosis de silicio para el control de Sigatoka Negra (*Pseudocercospora fijiensis*) en el cultivo de banano (*Musa acuminata* L.). Universidad Técnica Estatal de Quevedo, Ecuador. 71 pp.
- Revisión de Pares Externos:** Dafne Isaac Serrano Pérez.
Magister en agricultura con especialización en riego.
TJ Irrigation - Riego en Ecuador.

Fabián Andrés Díaz Aguirre.
Ph.D. Animal Science.
Louisiana State University.
- Primera Edición:** Quevedo, Junio del 2023.
- ISBN:** 978-9978-371-74-9
- Equipo Editorial:** Econ. Carlos Edison Zambrano, PhD.
Director

Ing. Javier Patiño Uyaguari, M.Sc.
Revisión y Corrección

Ing. J. Bladimir Mora Macías.
Edición y Diagramación

► PRESENTACIÓN

El Comité Editorial de la Universidad Técnica Estatal de Quevedo (UTEQ) es la unidad encargada de promover, gestionar y administrar el conocimiento resultante de las actividades de investigación científica, la docencia y la vinculación de docentes y estudiantes. Dentro del procedimiento para el reconocimiento al profesorado y estudiantado de la UTEQ se contempla la publicación como libros de Tesis de grado y posgrado que se distingan por su innovación, metodología, rigor técnico o impacto social.

El Proyecto de Investigación en opción al grado de Ingeniero Agrónomo de Francisco Javier Pérez Jacome, obtenido en la “Universidad Técnica Estatal de Quevedo”, atiende a la normativa existente para ser publicado como libro y por ello el Comité Editorial de la UTEQ aprueba la visibilidad y acceso a la comunidad académica, científica y sociedad en general.



**► ESCALAS DE VALORACIÓN DE DOSIS DE SILICIO PARA
EL CONTROL DE SIGATOKA NEGRA (*Pseudocercospora fijiensis*.)
EN EL CULTIVO DE BANANO (*Musa acuminata* L.)**

AUTORES:

Francisco Javier Pérez Jacome
Favio Eduardo Herrera Eguez



RESUMEN

La sigatoka negra es una de las enfermedades foliares más destructivas que afectan a los cultivos de banano y plátano en todo el mundo. Es causada por el hongo ascomicete en su estado teleomorfo *Pseudocercospora fijiensis*, esta enfermedad puede causar una disminución significativa en el rendimiento del cultivo, lo que resulta en pérdidas económicas considerables para los agricultores. En un esfuerzo por encontrar una solución a este problema, se llevó a cabo una investigación en los terrenos del Campus "La María" de la Universidad Técnica Estatal de Quevedo en Ecuador. El objetivo de la investigación fue evaluar la efectividad de diferentes dosis de silicio para controlar la sigatoka negra en los cultivos de banano y determinar el tratamiento más efectivo. Se utilizó un diseño experimental completamente al azar (DCA) con seis tratamientos en tres repeticiones. Se evaluaron diferentes variables agronómicas, incluyendo altura de planta, circunferencia del pseudotallo, severidad de la enfermedad en la hoja, peso del racimo con raquis, peso del racimo sin raquis, número de manos, número de dedos útiles por mano y rendimiento. Los resultados mostraron que el tratamiento más efectivo fue el T4 (Si 100%), que resultó en un rendimiento total de 26.70 kg por tratamiento y una relación beneficio/costo de 1.14. Además, se determinó que no había diferencias estadísticamente significativas en los tratamientos en la mayoría de las variables agronómicas evaluadas. La investigación demuestra que el silicio puede ser efectivo para controlar la sigatoka negra en los cultivos de banano y plátano. Los agricultores pueden utilizar esta información para tomar decisiones informadas sobre el control de la enfermedad y reducir sus pérdidas económicas. Además, los resultados de la investigación pueden servir como base para futuras investigaciones sobre el uso de silicio en el control de enfermedades en los cultivos.

ABSTRACT

Black sigatoka is one of the most destructive foliar diseases affecting banana and plantain crops worldwide. It is caused by the ascomycete fungus in its teleomorph state *Pseudocercospora fijiensis*, this disease can cause a significant decrease in crop yield, resulting in considerable economic losses for farmers. To find a solution to this problem, research was conducted on the grounds of the "La María" Campus of the Technical State University of Quevedo in Ecuador. The objective of the research was to evaluate the effectiveness of different doses of silicon for controlling black sigatoka in banana crops and determine the most effective treatment. A completely randomized experimental design (DCA) with six treatments in three repetitions was used. Different agronomic variables were evaluated, including plant height, pseudo stem circumference, disease severity in the leaf, weight of the bunch with rachis, weight of the bunch without rachis, number of hands, number of useful fingers per hand, and yield. The results showed that the most effective treatment was T4 (Si 100%), which resulted in a total yield of 26.70 kg per treatment and a benefit/cost ratio of 1.14. Additionally, it was determined that there were no statistically significant differences in treatments in most of the evaluated agronomic variables. The research demonstrates that silicon can be effective for controlling black sigatoka in banana and plantain crops. Farmers can use this information to make informed decisions about disease control and reduce their economic losses. Additionally, the research results can serve as a basis for future research on the use of silicon in disease control in crops.

ÍNDICE DE TABLA

Resumen	06
Abstract	07
Introducción	14

CAPÍTULO I.

CONTEXTUALIZACION DE LA INVESTIGACIÓN	16
1.1. Planteamiento del problema	17
1.2. Justificación	19
1.3. Objetivos	19
1.3.1. General	19
1.3.2. Específicos	19

CAPÍTULO II.

FUNDAMENTACION TEORICA DE LA INVESTIGACIÓN ..	20
2.1. Marco conceptual	21
2.1.1. Cultivo del Banano	21
2.1.2. Leaf Doctor	21
2.1.3. El silicio	22
2.2. Marco Referencial	23
2.2.1. Cultivo de Banano	23
2.2.2. Taxonomía	23
2.2.3. Importancia	23
2.2.4. Cultivo de banano en el Ecuador	24
2.2.5. Morfología de la planta	24
2.2.5.1. Planta	24
2.2.5.2. Sistema radicular	25
2.2.5.3. Hojas	25
2.2.5.4. Inflorescencia	25
2.2.5.5. Frutos	25
2.2.6. Enfermedades en el cultivo de banano	26
2.2.6.1. Sigatoka negra (<i>Pseudocercospora fijiensis</i>)	26

2.2.6.1.1. Control cultural	28
2.2.6.1.2. Control químico	29
2.2.6.1.3. Control biológico	29
2.2.7. El Silicio	30
2.2.7.1. Dosis	31
2.2.7.2. El silicio en las plantas	31

CAPÍTULO III.

METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACION	35
3.1. Localización	36
3.2. Tipo de investigación	36
3.3. Método de investigación	36
3.4. Fuentes de recopilación de información	37
3.5. Diseño de Investigación	37
3.5.1. Factores en estudio	37
3.5.2. Diseño del experimento	37
3.6. Instrumentos de investigación	38
3.6.1. Manejo del experimento	38
a) Selección de las unidades experimentales	38
b) Labores culturales	38
c) Aplicación de fertilizantes	38
d) Control de maleza	38
e) Deshoje	39
f) Deshije	39
g) Deschante	39
h) Enzunche	39
i) Enfunde	39
3.6.2. Variables a evaluar	40
a) Severidad de daño en la hoja	40
b) Altura de planta	40
c) Circunferencia del pseudotallo	40
d) Correlación del daño foliar de la enfermedad visual vs programa	41

e)	Severidad de sigatoka negra (<i>Pseudocercospora fijiensis</i>) mediante escala visual en hojas de banano	41
f)	Severidad de sigatoka negra (<i>Pseudocercospora fijiensis</i>) mediante el programa en hojas de banano	41
g)	Peso del racimo con raquis	41
h)	Peso del racimo sin raquis	41
i)	Número de manos	41
j)	Número de dedos útiles por mano	42
k)	Rendimiento- fruta exportable	42
l)	Análisis económico	42

CAPÍTULO IV.

RESULTADOS	43
4.1. RESULTADOS	44
4.1.1. Altura de planta	44
4.2. Circunferencia del pseudotallo	45
4.2.1. Correlación de la enfermedad visual vs programa Leaf Doctor	46
4.2.2. Severidad de sigatoka negra (<i>Pseudocercospora fijiensis</i>) mediante escala visual en hojas de banano	47
4.2.3. Severidad de sigatoka negra (<i>Pseudocercospora fijiensis</i>) mediante el programa Leaf Doctor en hojas de banano	48
4.2.4. Peso del racimo con raquis	49
4.2.5. Peso del racimo sin raquis	49
4.2.6. Número de manos	49
4.2.7. Número de dedos útiles por manos	49
4.2.8. Rendimiento	50
4.2.9. Análisis económico	50
4.3. Discusión	51

CAPÍTULO V.

RESULTADOS	54
5.1. Conclusiones	55
BIBLIOGRAFÍA	56
ANEXOS	60

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Estados de clasificación y avance de la sintomatología causada por la Sigatoka negra (<i>Pseudocercospora fijiensis</i>) (1) ..	27
Figura 2. Altura de planta de banano (cm) bajo diferentes dosis de silicio	44
Figura 3. Diámetro del pseudotallo de las platas de banano	45
Figura 4. Correlación de severidad de (<i>Pseudocercospora fijiensis</i>) .	46
Figura 5. Severidad de (<i>Pseudocercospora fijiensis</i>) en hojas de banano	47
Figura 6. Severidad de (<i>P. fijiensis</i>) en hojas de banano	48

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. La clasificación taxonómica del cultivo de banano	23
Tabla 2. Características climáticas de la Finca Experimental “La María”	36
Tabla 3. Dosis por cada tratamiento tomando como referencia que la cantidad de silicio recomendada es 780 Kg/ha ⁻¹ (100%) ..	37
Tabla 4. Esquema del análisis de varianza en las dosis de silicio .	38
Tabla 5. Escala de severidad de sigatoka negra en <i>Musa spp.</i>	40
Tabla 6. Variables agronomicas en el cultivo de banano (<i>Musa acuminata</i>) bajo diferentes dosis de silicio	50
Tabla 7. Análisis económico de beneficio/costo (B/C)	51

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo A. Preparación de terreno, siembra y fumigación de colinos	60
Anexo B. Delimitación de los tratamientos en el ensayo realizado	60
Anexo C. Establecimiento del cultivo a los 40 días después de la siembra (DDS)	61
Anexo D. Preparación y peso de fertilizantes según las necesidades del cultivo	61
Anexo E. Severidad de <i>M. Fijiensis</i> en hojas banano mediante el programa	62
Anexo F. Evaluación de altura de planta y circunferencia del pseudotallo	62
Anexo G. Enfunde y colocación de protectores en los racimos	63
Anexo H. Cosecha de banano	63
Anexo I. Costo del kilogramo del banano según el SIPA	64
Anexo J. Análisis de varianza de altura de planta 21/01/2022	64
Anexo K. Análisis de varianza del 18/02/2022	65
Anexo L. Análisis de varianza circunferencia de pseudotallo 16/08/2022	65
Anexo M. Análisis de varianza mediante escala visual (escala de Fouré)	66
Anexo N. Análisis de varianza mediante el programa Leaf Doctor	66
Anexo O. Análisis de varianza peso de racimo con raquis	67
Anexo P. Análisis de varianza peso de racimo sin raquis	67
Anexo Q. Análisis de varianza número de manos	68
Anexo R. Análisis de varianza número de dedos útiles	68
Anexo S. Análisis de varianza rendimiento	69

INTRODUCCIÓN

El sector bananero es un eje principal en el desarrollo económico del país. En el mercado interno es un generador de fuentes de empleo, principalmente en las familias de la costa ecuatoriana, y en el mercado externo el banano es uno de los principales productos tradicionales de exportación (19).

Las exportaciones mundiales de banano fueron de 19.20 millones de toneladas, de lo cual, el Ecuador exportó 6.64 millones de toneladas, representando el 34.86% de las exportaciones mundiales, convirtiéndolo en el primer país exportador de este producto (19).

Las cifras de la Asociación de Comercialización y Exportación de Banano, señalan que, en el primer trimestre del año 2019, los principales destinos de exportación del banano ecuatoriano fueron la Unión Europea, Rusia, Medio Oriente y Estados Unidos. En conjunto abarcaron el 77% del total exportado, equivalente a 72,965.248 cajas de 18.14 Kg (19).

Las provincias que más ventas locales generaron fueron Guayas con USD 15.5 millones de dólares, Los Ríos USD 5.7 millones de dólares y El Oro USD 3.8 millones de dólares. En conjunto las tres provincias aportaron con el 88% a las ventas nacionales por cultivo, mientras que del año 2018 a 2019 Morona Santiago se destacó con un crecimiento de 84.1%, de igual manera crecieron en sus ventas El Oro, Cañar, Cotopaxi, Manabí, Napo, Santa Elena y Santo Domingo de los Tsáchilas. En el Oro se concentran los pequeños productores, mientras que los grandes se sitúan principalmente en Guayas y Los Ríos (19).

La sigatoka negra es una enfermedad causada por el hongo de la clase Ascomycetes *P. fijiensis*, como consecuencia de las variaciones climáticas

que presentan la zona, la agresividad de la enfermedad a las plantaciones de banano puede presentar reducción en la producción.

La enfermedad sigatoka negra (*P. fijiensis*) requiere la presencia de sus dos estados (anamorfo y teleomorfo) para completar su ciclo de vida. Los síntomas pueden variar en su evolución en función del estado de desarrollo de la planta, variedad del hospedante y severidad (1).





CAPÍTULO I.

CONTEXTUALIZACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN



1.1. Planteamiento del Problema

En el Ecuador existe una gran variedad de climas los cuales son causantes de que agentes patógenos que afectan a la planta. Entre los principales está el factor ambiental y nutricional lo cual crea un ambiente propicio para el desarrollo de enfermedades como la sigatoka negra que es un hongo que ataca la parte foliar del cultivo.

El patógeno ataca causando necrosis en la hoja. Los primeros síntomas son visibles a simple vista en la superficie inferior de la hoja, como puntos café rojizos. Los puntos se alargan y forman estrías café rojizas. Las estrías se alargan ligeramente y hay un cambio de color de café rojizo a café oscuro o casi negro. Las estrías se agrandan, se hacen más anchas y adquieren forma elíptica, rodeándose de un borde café claro alrededor de la mancha.

La hoja termina por ponerse negra y muere. El daño económico del hongo reside precisamente en que reduce la capacidad fotosintética de la planta con reducciones en rendimiento como consecuencia. Una planta de banano debe de tener por lo menos 7 a 8 hojas funcionales para la floración para impedir pérdida en la calidad de la fruta.

Dentro de las alternativas para el control de sigatoka negra está en buen manejo de macro y micronutrientes. Entre estos está el silicio, ya que este refuerza la pared celular así evitando que el patógeno ingrese con facilidad al cultivo y así evitando pérdida de producción.

El silicio actúa como una especie de barrera mecánica. Esta barrera se engrosa la pared celular haciendo que la cutícula sea más fuerte evitando que la espora del hongo ingrese a la epidermis, así evitando cualquier infección de la planta. Se aplicaron diferentes dosis de silicio para el control de la sigatoka negra para así saber cuál de las dosis aplicadas es la adecuada para el control de la enfermedad mencionada.

Formulación del problema

- ¿Cuál es la respuesta agronómica del cultivo de banano (*M. acuminata*) a las diferentes dosis de silicio?.
- ¿Cuál será la dosis de silicio más efectiva para controlar el patógeno *P. fijiensis*?

Sistematización del problema

- ¿Qué tipo de escalas es la más efectiva al momento de la toma de datos en las hojas de banano?.
- ¿Qué efecto tiene el silicio al momento de controlar la enfermedad en el cultivo?.
- ¿Cuál es el tratamiento que mayor rentabilidad genera?.

1.2. Justificación

El presente trabajo de investigación tiene como objetivo aportar conocimientos los cuales ayudarán a los productores de banano disminuir las pérdidas ocasionada por el ataque de sigatoka negra. Una parte de los bananeros al no contar con una planificación se siembra y fertilización del cultivo están expuestos a verse afectado por los patógenos generando pérdidas al momento de la cosecha. Esto se podría evitar identificando el patógeno que ataca al cultivo para así poder controlarlo y evitar cumplir su ciclo de vida. El propósito de esta investigación es evaluar los efectos del silicio con diferentes dosis. Esto tiene como objetivo determinar cuál es el más efectivo para inhibir el desarrollo del patógeno e incluirlo como una prioridad en el manejo del cultivo para evitar pérdidas futuras a más de eso aumentar la producción. Durante el pasar del tiempo el país siempre ha pasado por alertas de patógenos que amenazan con devastar plantaciones enteras de banano y por ello es importante determinar el control de la enfermedad para así evitar se genere daños en las plantaciones.

1.3. Objetivos

1.3.1. General

Evaluar los efectos de las dosis del silicio en la evolución de la sigatoka negra (*Pseudocercospora fijiensis*) en el cultivo de banano.

1.3.2. Específicos

- Seleccionar la dosis de mayor eficiencia en el control de la sigatoka negra usando escalas de valoración.
- Determinar los efectos de las dosis del silicio en la calidad y rendimiento del fruto.
- Realizar el análisis económico del rendimiento del fruto en función de los costos de los tratamientos.



CAPÍTULO II.

FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA DE LA INVESTIGACIÓN



2.1. Marco conceptual

2.1.1. Cultivo de banano

A nivel mundial el cultivo de banano se posiciona como el cuarto cultivo alimenticio más importante después del maíz, arroz y trigo; alcanzando en promedio un 15% del volumen total de la producción de frutas en el mundo. Por lo que ha contribuido con el desarrollo económico y social en muchos países tropicales e intertropicales por la creación de empleos y divisas (2).

El banano es una de las frutas más populares. Sin embargo, es sólo vista como un postre o como acompañante de los cereales en la mayoría de los países desarrollados, por lo que es un producto agrícola muy importante. La mayoría del resto de la producción es vendida en mercados locales de África, Asia y América (el consumo per cápita de banano en las tierras altas de Uganda es de ¡200 kg. por año!). El banano y el plátano son alimentos básicos que aportan con gran parte de los requerimientos nutricionales, en cuanto a carbohidratos, fibra, vitaminas A, B6 y C, potasio, fósforo y calcio (3).

Todavía no se tiene claro el origen del banano comestible, habiendo confusión en la literatura. Casi todos los 300 cultivares conocidos, provienen de dos especies con semilla, *Musa acuminata* Colla y *Musa balbisiana* Colla. Las "nuevas" especies son lubridos diploides, triploides y tetraploides entre las subespecies de *M acuminata* y entre *M balbisiana* y *M acuminata*. Convencionalmente, las contribuciones haploides de las especies respectivas a los cultivares se designan con las letras A y B (3).

2.1.2. Leaf Doctor

Leaf Doctor es una aplicación la cual realiza evaluaciones cuantitativas de enfermedades de plantas en órganos de plantas como las hojas.

Los usuarios recopilan o envían fotografías de órganos de plantas enfermas y calculan el porcentaje de tejido enfermo. Al tocar la pantalla del dispositivo por parte del usuario, el algoritmo emplea valores especificados por el usuario para hasta ocho colores de tejidos sanos en la fotografía. Luego se evalúa el color de cada píxel por su distancia de los colores sanos y se le asigna un estado de sano o enfermo. Los usuarios pueden deslizar una barra de umbral hasta que estén satisfechos de que los tejidos enfermos se representan con precisión antes del cálculo del porcentaje. Los datos de evaluación y fotografías podrán ser enviados por correo electrónico a cualquier destinatario. Las instrucciones para usar la aplicación se proporcionan en la pantalla Acerca de. El Leaf Doctor fue producido por la Universidad de Hawai en Manoa, Facultad de Agricultura Tropical y Recursos Humanos (4).

2.1.3. El silicio

La nutrición mineral de las plantas ha sido uno de los factores más estudiados con relación a la susceptibilidad y resistencia de las plantas a plagas. De modo general, elevados tenores de nitrógeno y bajas concentraciones de potasio aumentan la susceptibilidad de las plantas a los agentes nocivos. La resistencia de las plantas a las plagas puede ser disminuida o aumentada por el efecto de la nutrición mineral sobre las estructuras anatómicas como, por ejemplo, células epidérmicas y cutículas más finas, pared celular con menor grado de salificación, suberización y lignificación.

Además de esto, la nutrición puede afectar las propiedades bioquímicas como la reducción de compuestos fenólicos que actúan como inhibidores del desarrollo de plagas o la acumulación de compuestos orgánicos de bajo peso molecular (glucosa, sacarosa y aminoácidos) resultado de la mayor actividad de enzimas descomponedoras como amilasa, celulasa, proteasa y carbohidrasa que se presenta comúnmente con la deficiencia de K (5).

2.2. Marco Referencial

2.2.1. Cultivo de Banano

A nivel mundial el cultivo de banano (*Musa acuminata*) se posiciona como el cuarto cultivo alimenticio más importante después del maíz, arroz y trigo; alcanzando en promedio un 15% del volumen total de la producción de frutas en el mundo. Por lo que ha contribuido con el desarrollo económico y social en muchos países tropicales e intertropicales por la creación de empleos y divisas. El banano es perteneciente a la familia de las musáceas. Tiene raíces son gruesas, carnosas y se ramifican en pelos absorbentes que son los responsables de la absorción del agua y nutrientes. Su tallo es un rizoma grande almidonoso y subterráneo, que está coronado con yemas las cuales se desarrollan una vez que la planta ha florecido y fructificado (14).

2.2.2. Taxonomía

Tabla 1. La clasificación taxonómica del cultivo de banano es la siguiente (6).

Reino	Plantae
División	Magnoliophyta
Clase	Liliopsida
Orden	Zingiberales
Familia	Musaceae
Genero	Musa
Especie	balbisiana

Fuente: (6)

2.2.3. Importancia

La actividad del banano en el Ecuador desde hace sesenta años ha tenido y tiene un peso importante en el desarrollo del país, tanto desde el punto de vista económico como social. En lo económico por su participación

en el PIB y en la generación de divisas y en lo social por las fuentes de empleo que genera y más aún por su peso importante en determinadas regiones de la costa ecuatoriana (7).

En el 2016, el sector bananero ecuatoriano generó un ingreso de 2,600 millones de dólares, con un precio de la caja de 43 libras que tuvo un valor promedio de \$ 6.16 dólares. La provincia del Guayas representó el 73.15% de las ventas, la provincia de Los Ríos se ubicó en segundo lugar con una participación en el mercado del 14.28% del total generado y El Oro se ubicó en tercer lugar con una participación en el mercado del 12.57% (3).

2.2.4. Cultivo de banano en el Ecuador

En Ecuador, la actividad bananera contribuye a los principales indicadores agregados: producción, empleo y comercio exterior. El banano ecuatoriano se cultiva mayoritariamente en las provincias de Los Ríos, Guayas y El Oro y su productividad anual promedio (caja/ha/año) es de 1,938. El sector bananero y sus industrias colaterales generan empleo para más de un millón de familias, que representan alrededor de 2.5 millones de personas equivalentes aproximadamente al 17% de la población actual (3).

2.2.5. Morfología de la planta

2.2.5.1. Planta

La clasificación morfológica de las Musáceas se basa principalmente en las características que presentan estos cultivares las cuales son: altura y color del pseudotallo; naturaleza de la hoja; color, forma y color del estigma; tipo y orientación del racimo; longitud del pedúnculo; forma, tamaño, número y curvatura de la fruta; y presencia de semillas (8).

2.2.5.2. Sistema radicular

Su sistema radicular es de color blanco. Las raíces son tiernas cuando emergen y amarillentas y duras posteriormente. El poder de penetración de las raíces es débil, por lo que la distribución radicular está relacionada con la textura y estructura del suelo (18).

2.2.5.3. Hojas

Las hojas son lisas con el ápice trunco y la base redonda. Las hojas tienden a romperse espontáneamente a lo largo de las nervaduras. Sus nervaduras son verticales y se extienden por toda la hoja dándoles un aspecto desaliñado. Cada planta tiene normalmente entre 5 y 15 hojas funcionales, siendo 10 el mínimo para considerarla madura. Las hojas no viven más de dos meses. 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 (18).

2.2.5.4. Inflorescencia

La inflorescencia es una estructura compleja que incluye las flores que se convertirán en frutos. El término botánico para la inflorescencia del banano es un tiro (una inflorescencia en la que el eje principal continúa creciendo y las ramas laterales tienen un crecimiento determinado). Los principales tipos de flores son las flores femeninas, que se convierten en frutos (9).

2.2.5.5. Frutos

Durante el desarrollo del fruto éstos se doblan geo-trópicamente, según el peso de este, determinando esta reacción la forma del racimo. Pudiendo contener de 5-20 manos, cada una con 2-20 frutos, siendo su color amarillo verdoso, amarillo, amarillo-rojizo o rojo (18).

2.2.6. Enfermedades en el cultivo de banano

Diversas enfermedades producen diferentes tipos de daños sobre las plantas durante el desarrollo del cultivo. Las principales enfermedades que afectan el cultivo de banano está la sigatoka negra (*P. fijiensis*). En la actualidad es la enfermedad de follaje más importante que ataca el cultivo de banano (20).

Otra enfermedad es la marchitez (*Fusarium oxisporum cubense*). Esta enfermedad es considerada la más destructiva de las musáceas a través de la historia. El patógeno al ingresar a la planta afecta la absorción y translocación de agua y nutriente. Finalmente, se encuentra la podredumbre bacteriana (*Erwinia sp.*). Esta enfermedad es causada por la bacteria *Erwinia* que afecta a todas las musáceas y atacan principalmente al pseudotallo y rizomas (20).

2.2.6.1. Sigatoka negra (*Pseudocercospora fijiensis*)

La sigatoka negra (*P. fijiensis*) es considerada la enfermedad foliar más destructiva y de mayor valor económico en los cultivos de banano y plátano. Puede causar pérdidas de hasta un 50% en el rendimiento, puede reducir hasta en un 50 % el peso del racimo y causar pérdidas del 100 % de la producción debido al deterioro en la calidad. Es causada por el hongo ascomicete en su estado teleomorfo *Pseudocercospora fijiensis*. En las plantaciones de banano la enfermedad Sigatoka negra requiere la presencia de sus dos estados (anamorfo y teleomorfo) para completar su ciclo de vida. Las ascosporas son consideradas como el principal agente de diseminación de la enfermedad a largas distancias entre plantaciones (1).

Los primeros síntomas de la enfermedad aparecen en el envés de la hoja, en especial en el margen derecho distal de la misma. Se presenta como manchas longitudinales de color marrón oscuro; de 1 mm a 2 mm de largo, y aumentan de tamaño hasta formar lesiones necróticas con halos

amarillos y con centro de color gris claro. Estas lesiones pueden llegar a destruir grandes áreas del tejido foliar, normalmente ocurre a través de etapas, donde se reconocen seis estados o etapas según la escala de Fouré, los cuales se clasifican como: una etapa de puntos, dos etapas de raya, y tres etapas de mancha (1).

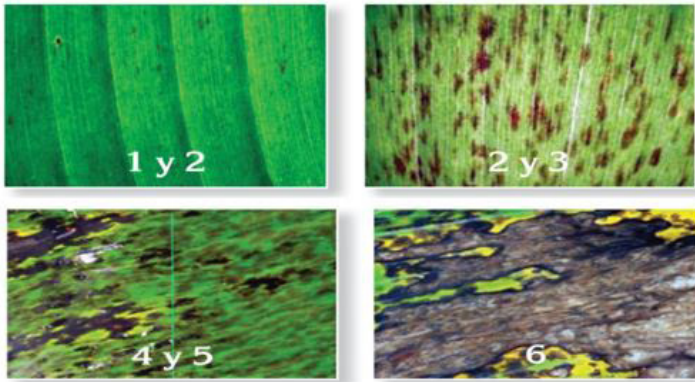


Figura 1. Estados de clasificación y avance de la sintomatología causada por la Sigatoka negra (*Pseudocercospora fijiensis*) (1).

- **Estadio 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.
- **Estadio 2.** Rayas o estrías cloróticas de 3–4 mm de longitud por 1 mm de ancho, de color marrón.
- **Estadio 3.** Las rayas o estrías se alargan y amplían dando la impresión de haber sido pintadas con pincel, sin bordes definidos y de color café, que pueden alcanzar hasta 2 cm de longitud.
- **Estadio 4.** Manchas ovaladas de color café en el envés y negro en el haz.
- **Estadio 5.** Manchas negras rodeadas de un anillo negro y a veces un halo amarillento y centro seco y semihundido.
- **Estadio 6.** Manchas con centro seco y hundido, de coloración marrón clara, rodeadas de tejido clorótico (10).

Las conidias cumplen un rol muy importante en la prevaencia de la enfermedad durante períodos de baja precipitación. Las ascosporas son consideradas más importantes en la dispersión de la enfermedad a distancias mayores por efecto del viento y responsables de la introducción de la enfermedad a nuevas áreas. Las trampas de ascosporas han recolectado de 8.000 a 33.000 ascosporas por metro cúbico de aire en 24 horas. Bajo condiciones normales las ascosporas maduras pueden presentarse de 3 a 4 semanas de la aparición de las primeras estrías. La Sigatoka negra, se identificó por vez primera en 1963 en la costa sudeste de Viti Levu (Islas Fiji). La Sigatoka negra apareció en el Ecuador el 30 de enero de 1987 en la zona Norte de Esmeraldas en la Hacienda "TIMBRE" (10).

Para un adecuado manejo de la Sigatoka negra se requiere tener información del estado actual de la enfermedad en el campo. Para determinar el área foliar afectada, debe estimarse visualmente el área cubierta por la unión de todos los síntomas de la enfermedad en cada hoja. Para facilitar esta estimación, se sugiere el uso de un patrón o modelo que divide la hoja en proporciones porcentuales es conocida como la escala de Stover modificada por Gauhl (11).

2.2.6.1.1. Control cultural

Como práctica cultural y medida de prevención para esta enfermedad, se realiza un deshoje por lo menos cada 15 días, en donde se eliminan las hojas inferiores, en donde da inicio la enfermedad. También se deben deshojar aquellas hojas que posean más del 50% de quemaduras, sin importar la posición que estas ocupen, esto para mantener la plantación con muy buena aireación, de manera que pueda evacuar la humedad rápidamente. Una parte de un manejo cultural es mantener los sistemas defensivos de la planta de banano en un buen estado, por medio de una buena fertilización que mantenga una plantación sana y vigorosa (12).

Para reducir el impacto de la sigatoka negra de debe realizas las siguientes labores:

- Usar plantas en perfecto estado al momento de la siembra.
- Construir drenajes para evitar encharcamiento en el área sembrada.
- Tener cultivos asociados como asociados como maíz y café.
- Aplicar fertilizantes edáficos que contengan N-P-K, además de esos aplicar Calcio (Ca) y silicio (Si), suplementar con la aplicación de materia orgánica (12).

2.2.6.1.2. Control químico

Para el control de sigatoka negra (*P. fijiensis*), se deben hacer aplicaciones de fungicidas protectantes y sistémicos. El éxito en el control de Sigatoka negra requiere un uso intensivo de los fungicidas sistémicos, sin embargo, esto ha dado lugar a resistencia a fungicidas en el campo (13).

2.2.6.1.3. Control biológico

Los productos químicos han sido ampliamente utilizados y han tenido gran éxito durante muchos años para controlar la enfermedad. Sin embargo, graves preocupaciones sobre residuos de plaguicidas y la contaminación ambiental han surgido recientemente. Además, el desarrollo de resistencia a fungicidas genera la búsqueda de alternativas sostenibles. El control biológico, el cual integra usualmente la aplicación de microorganismo antagonista sobre el área foliar fotosintética de la planta, es un medio complementario dentro del manejo de patógenos foliares, un enfoque integrado mediante el uso de extractos de origen vegetal y fungicidas sintéticos pueden controlar la enfermedad de manera eficiente, reduciendo el uso de fungicidas (13).

La sigatoka negra es una enfermedad que ataca directamente a las hojas del banano. Por esa razón que es necesario llevar un buen control, monitorear constantemente la plantación para poder detectar los grados

de incidencias del hongo y poder combatir a tiempo. Las hojas cumplen un papel importante para el racimo, para poder tener un buen grosor y calidad de la fruta, hasta el corte del mismo la planta debe constar con 12 hojas máximo mínimo 7 hojas (10).

2.2.7. El Silicio

El silicio es un componente básico de la corteza terrestre, siendo después del oxígeno el elemento más abundante del planeta. Es un elemento utilizado en la agricultura, aunque no esencial, como lo es el manganeso o el zinc, pero sí se sabe a ciencia cierta que los beneficios que aporta son muy importantes. Este elemento no manifiesta síntomas de deficiencia específicos y quizás por esta razón podría justificarse el por qué el silicio ha sido un elemento olvidado (14).

El Silicio (Si) como mineral multifuncional en la agricultura, dentro del sistema suelo, planta y ambiente potencia la disponibilidad de nutrientes almacenados en el suelo y los vuelve viables para la nutrición de las plantas. En cuanto a los metales pesados, el Si es un desintoxicante de suelos con problemas de acumulación de éstos, ya sea por elementos como el Hierro, Aluminio, Cadmio, entre otros. Respecto a las plantas, el Si actúa como un catalizador de procesos naturales tales como nutrición, autodefensas y buen desarrollo (15).

El silicio ha sido eficaz no solo contra las enfermedades fúngicas, sino con las provocadas por bacterias, nematodos y virus. Los productos de Silicio ayudan a las plantas a superar estrés biótico y abiótico. Estos productos provienen del segundo elemento más abundante sobre la corteza de la tierra luego del oxígeno, es considerado un elemento benéfico para el desarrollo y crecimiento de las plantas (15).

2.2.7.1. Dosis

Se ha documentado que las aplicaciones de silicio se las realiza anualmente 450 kg ha^{-1} . También se ha encontrado efectos muy similares en aplicaciones de CaSiO_3 . En suelos arenosos se pueden encontrar concentraciones de silicio de hasta 40%, en contraste de los suelos ácidos que contienen menos de 9 % de Silicio. El silicato de calcio suele ser usado como fuente principal para el silicio (Si). Algunos productos (AgroSilicio) suele estar compuestos por un 10.5% Si, 25% Ca y 6% Mg. De 1.75 g de AgroSilicio se obtiene 0.39 g de silicio puro, llevándolo a grandes cantidades se estaría obteniendo 9.90 kg de silicio por cada saco de 45kg de AgroSilicio (21).

En experimentos anteriores, se observaron diferencias significativas entre los tratamientos utilizados. Se determinó a través del test de Tukey que las plantas correspondientes al tratamiento Silicio fueron las de mayor incremento en altura presentaron con base en las diferentes concentraciones de SiO_2 , en relación al testigo (16).

2.2.7.2. El silicio en las plantas

El silicio no es considerado esencial para los vegetales superiores porque no responde a los criterios directos e indirectos de la esencialidad. A pesar de eso, su absorción puede ocasionar efectos benéficos para algunos cultivos como son resistencia a plagas, tolerancia a la toxicidad por metales pesados, al estrés hídrico y salino, menor evapotranspiración, promoción del crecimiento y nodulación en leguminosas, efecto en la actividad de las enzimas y en la composición mineral, mejoría de la arquitectura de las plantas, reducción del encamado de las plantas y por consiguiente aumento de la tasa fotosintética (5).

Los suelos contienen cantidades significativas de Si, aunque el uso de sistemas de cultivo continuo, algunas formas no disponibles y suelos

en desequilibrio biológico, hacen necesario su suministro. La caña de azúcar, por ejemplo, puede extraer hasta 380 kg ha⁻¹ año⁻¹ del suelo. Los niveles de Si en los tejidos de cada especie de planta varían en relación con la disponibilidad de Si en el suelo (5).

En muchas especies puede ser encontrada debajo de la cutícula una densa capa formada por la deposición de sílice. Una formación de esa capa ha sido fundamental en condiciones de estrés abiótico, por ejemplo, contribuyendo a reducir la pérdida de agua por transpiración y aumentar su eficiencia y en el estrés biótico, sirviendo como una barrera mecánica a la penetración de patógenos y herbívoros masticadores (5).

2.2.7.3. Papel del silicio en la resistencia de las plagas agrícolas

En el caso de incrementar la resistencia al ataque de insectos, el papel del Si ha sido atribuido en parte a su acumulación y polimerización en las paredes celulares, lo cual constituye una barrera mecánica contra el ataque; sin embargo, se ha demostrado que el tratamiento de las plantas con Si trae como consecuencia cambios bioquímicos, como la acumulación de compuestos fenólicos, lignina y fitoalexinas. En plantas tales como la calabaza (*Cucurbita sp.*), la avena (*Avena sativa* L.) y el sorgo (*Sorghum bicolor* L. Moench) se ha observado que la aplicación de Si trae como consecuencia un aumento en la síntesis de las enzimas peroxidasa, polifenoloxidasas, glucanasa y quitinasa; las cuales están relacionadas con un incremento en la producción de quinonas que tienen propiedades antibióticas, favorecen la mayor lignificación de los tejidos, la disminución en la calidad nutricional y la digestibilidad, todo lo cual genera, consecuentemente, un decrecimiento en la preferencia de los insectos por las plantas (5).

2.2.7.4. Efectos del uso del silicio en la resistencia a las plagas agrícolas en diferentes cultivos

El efecto de diferentes fuentes de silicio sobre *Stenchaetothrips biformis* (Thysanóptera: Thripidae) en arroz, dio como resultado que en los tratamientos en que fue adicionado silicio el número de thrips por hoja fue significativamente menor en relación al tratamiento sin silicio. En un estudio en que se evaluó la incidencia de las ninfas de *Sogatella furcifera*, (Hemíptera: Delphacidae) en plántulas de arroz cultivadas en concentraciones de Si (0 a 150 ppm de SiO₂) se obtuvo una disminución en el número de ninfas del último instar y aumentó el número de individuos machos en la población en estudio (5).

Para la especie *Chilo supremain* (supressalis), plaga del cultivo del arroz; estudios realizados verificaron que la aplicación de 500 kg ha⁻¹ de silicato de potasio proporcionó la reducción de más de la mitad del número de larvas m². Respuestas semejantes fueron observadas por otros autores (24) para *Scirpophaga incertulas* (Walker), que presentó, con la adición de 2 kg m⁻² de cantero de cáscara de arroz carbonizada (rica en silicio), un aumento significativo del tenor del elemento en plantas de arroz con disminución de los daños de la plaga (5).

En el cultivo del trigo (*Triticum sativus* L.) se informa la disminución de las poblaciones de áfidos *Metopolophium dirhodum* y *Sitobion avenae* después de la aplicación foliar de silicio (1 % Na₂SiO₂), no sólo como resultado de la deposición de silicio en las células epidérmicas, sino también debido a la mayor solubilidad del mismo dentro de la hoja. Con seis tratamientos de silicato de sodio (0,4 % de Na₂SiO₂) aplicados a intervalos de cinco días a una dosis de 50 mL por maceta, se logró disminuir la longevidad y preferencia de las ninfas del pulgón verde *Schizaphis graminum* (Hemíptera: Aphididae), por lo que se consideró que el Si confiere resistencia a las plantas de este cultivo contra el insecto (5).

2.2.8. Antecedentes

El banano es un cultivo que requiere suelos profundos con textura ligeramente arenosa, así como un contenido medio a alto de materia. Una nutrición balanceada, formulado a partir de un análisis de suelo es necesario para que la planta tenga excelente vigor y sea menos susceptible al ataque de patógenos. Además, una fertilización enriquecida con Silicio, Cobre, Calcio, Boro y Zinc contribuye a reducir la severidad de la Sigatoka negra (*M. fijiensis*) (17).

Investigaciones anteriores, se observaron que los resultados con fertilización de silicio pueden ser considerada como una herramienta para el manejo integrado de la Sigatoka negra en condiciones de campo. Se incrementó el número de hojas funcionales a cosecha, en condiciones de campo en un 10,86% (18).

Al mejorar la capacidad de asimilar y transportar los nutrientes, por el efecto de optimizar el pH (acidez) en el suelo, los incrementos de producción comprobados van del 10% al 25% en banano y plátano (19).

Los tratamientos con silicio beneficiaron fisiológicamente a la planta logrando hacer a la planta más vigorosa y resistente a patógenos y así mejorando su rendimiento agronómico (20).



CAPÍTULO III.

METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN



3.1. Localización

La investigación se la realizó en el campus “La María” perteneciente a la Universidad Técnica Estatal de Quevedo la cual tuvo una duración de 1 año. La finca está ubicada en el Km 7.5 vía Quevedo – El Empalme, Provincia de Los Ríos. Las coordenadas geográficas 1 02’24’’ de latitud Sur y 79 30 de longitud Oeste. Altitud 70 m.s.n.m.

Tabla 2. Características climáticas del campus “La María” UTEQ – Mocache.

Parámetros	Promedios Anuales
Temperatura	24.9°C
Precipitación	2295.1 mm
Heliofanía	890.2 horas
Humedad relativa	84%

Fuente: Estación meteorológica Pichilingue INAMHI – serie 1990 - 2019

3.2. Tipo de investigación

El tipo de investigación que se realizó fue experimental en la cual se realizaron ensayos para determinar cuál de las dosis aplicadas de silicio tiene mayor efecto en el control de la sigatoka negra (*Pseudocercospora fijiensis*).

3.3. Método de investigación

Se utilizaron métodos deductivos basados en estudios preliminares indicando el uso del silicio y su efecto en el control de sigatoka negra (*Pseudocercospora fijiensis*). Se observaron los efectos de las diferentes aplicaciones con la finalidad de buscar la dosis adecuada para el control de la enfermedad.

3.4. Fuentes de recopilación de información

En la investigación fueron utilizadas fuentes primarias tales como; la observación directa e investigaciones pasadas sobre la aplicación del silicio, artículos científicos, tesis de investigación, boletines, etc.

3.5. Diseño de la investigación

3.5.1. Factores en estudio

Se estudió un factor el cual está constituido por los tratamientos que se detallan a continuación (Tabla 3). Los tratamientos se basan en una dosis recomendada de silicio 780 Kg ha⁻¹ (21).

Tabla 3. Dosis por cada tratamiento tomando como referencia que la cantidad de silicio recomendada es 780 kg ha⁻¹ (100%).

Tratamientos	Dosis por tratamiento	
T1	NPK	0 kg
T2	NPK+ Silicio 50%	1.36 kg
T3	NPK+ Silicio 75%	2.04 kg
T4	NPK+ Silicio 100%	2.72 kg
T5	NPK+ Silicio 125%	2.41 kg
T6	NPK+ Silicio 150%	4.09 kg

3.5.2. Diseño del experimento

Para esta investigación se empleó el Diseño Completamente al Azar (DCA). Empleando seis tratamientos en tres repeticiones. Todas las variables serán sometidas al análisis de varianza y prueba de Tukey 0,05%. La unidad experimental estará conformada por cinco plantas.

Tabla 4. Esquema del análisis de varianza en las dosis de silicio.

Fuentes de variación	Grados de libertad	
Tratamientos	(t-1)	5
Error experimental	(t-1) (r-1)	12
Total		17

3.6. Instrumentos de investigación

3.6.1. Manejo del experimento

a) Selección de las unidades experimentales

Para el ensayo se sembraron un total de 90 colinos de banano para el ensayo las cuales se etiquetaron por tratamiento y repetición. El silicio con nombre comercial SIO-DEM + se aplicó en dos partes. La primera aplicación fue en el día 112 de edad y la segunda al día 168. El silicio se lo aplicó de manera edáfica a 30 cm de la raíz, de acuerdo con la dosis establecida para cada tratamiento (Tabla 3).

b) Labores culturales

Las plantas recibieron todas las labores culturales que demanda el cultivo como son control de malezas, deshoje, deshije deschante, enzunche, enfunde, a más de la incorporación del silicio como elemento de estudio.

c) Aplicación de fertilizantes

Se la realizó en base a las necesidades del cultivo con una base de N-P-K como testigo y los tratamientos con diferentes dosis de SIO-DEM + (Silicio) al 50%, 75%, 100%, 125% y 150%. Se fertilizó a los 112 y 168 días de edad del cultivo, se aplicó de manera edáfica a 30 cm de la base del pseudotallo.

d) Control de maleza

Se realizó un control de malezas de manera manual y química (herbicidas). En la época seca se usó el método manual en el que se utilizó machete

para combatir la maleza. En la época lluviosa se aplicaron ambos métodos ya que cuando la maleza supera los 30 cm es complicada de controlar de manera manual. Se hizo uso del herbicida Paraquat a una dosis de 100 cm³ por bomba (20 litros) para tener un manejo óptimo de las malezas.

e) Deshoje

Se efectuó en cada una de las unidades experimentales. El deshoje consiste en remover las hojas que no están aportando al desarrollo de la planta. Para realizar esta labor se identifica las hojas que vamos a cortar. En las hojas más altas se utilizó un podón y en las más bajas un machete.

f) Deshije

El deshije se lo realizó cada mes, con esto se pretende disminuir la competencia de nutrientes, agua que existe por los hijos cercanos a la planta del ensayo. Con esta práctica se obtiene el máximo rendimiento del cultivo.

g) Deschante

El deschante consiste en remover el tejido viejo (chante) que se acumula en el pseudotallo. Esta labor se la realiza de abajo hacia arriba para no dañar el tejido sano de la planta.

h) Enzunche

Con el fin de evitar pérdidas de rendimiento en el ensayo esta labor se la realizó cuando las plantas ya estaban con bellotas (paridas) o pasaban los 2 metros de altura. Una parte del zuncho se amarró en la parte alta de la planta a corregir y el otro extremo se amarró en la base opuesta de otra planta formando un ángulo de 90°.

i) Enfunde

Esta práctica se la realizó cuando las bellotas tenían tres semanas de nacidas. La práctica tiene el objetivo que la fruta esté libre de plagas,

evitar la contaminación con otras plantas enfermas y proteger al racimo. En esta labor se utilizaron fundas protectoras Biflex con una longitud de 60 cm x 90 cm.

3.6.2. Variables a evaluar

a) Severidad de daño en la hoja

Esta variable se evaluó semanalmente las 5 plantas consideradas en cada unidad experimental. Se valoraron las hojas 1, 2, 3, 4 y 5 contando desde la hoja cigarro hacia abajo y se determinó la existencia de los síntomas de forma visual mediante la escala Fouré, y usando el programa Leaf Doctor para determinar el porcentaje de daño en cada una de las plantas de los tratamientos.

Tabla 5. Escala de severidad de sigatoka negra en *Musa spp.*

Grado de severidad	Descripción de la severidad
0	Sin síntomas
1	< 1% de área foliar afectada y hasta 10 estrías
2	1-5% del área foliar afectada
3	6-15% del área foliar afectada
4	16-33% del área foliar afectada
5	34-50% del área foliar afectada
6	50% > del área foliar afectada

Autor: (1)

b) Altura de planta

Cuando estas alcanzaron los 50 cm se empezó a registrar su altura con un metro, empezando desde la base del pseudotallo hasta la aparición de la nueva hoja. La variable fue evaluada quincenalmente, su altura fue media con un metro.

c) Circunferencia del pseudotallo

Al igual que en la variable anterior se registró la circunferencia del

pseudotallo cuando la planta tenía 50 cm, se evaluó con una cinta métrica en la cual se midió desde la base del pseudotallo hasta la cintura de la persona que tomaba el dato siendo este el punto de referencia para que así la toma de datos sea mejor. La información se la registró quincenalmente.

d) Correlación del daño foliar de la enfermedad visual vs programa Leaf Doctor

Se realizó una correlación de la enfermedad mediante los datos recolectados entre la escala Fouré y el programa Leaf Doctor.

e) Severidad de sigatoka negra (*Pseudocercospora fijiensis*) mediante escala visual en hojas de banano

Se midió la severidad de la enfermedad de manera visual en hojas de banano en diferentes etapas del ensayo antes, durante y después de la aplicación del silicio (SIO-DEM+).

f) Severidad de sigatoka negra (*Pseudocercospora fijiensis*) mediante el programa en hojas de banano

Se midió la severidad de la enfermedad mediante el programa Leaf doctor en hojas de banano en diferentes etapas del ensayo antes, durante después de la aplicación del silicio (SIO-DEM+).

g) Peso del racimo con raquis

Una vez efectuada la cosecha se procedió a pesar los racimos incluyendo el raquis y calculando su peso promedio por racimo.

h) Peso del racimo sin raquis

Una vez efectuado el peso del racimo se procedió al respectivo desmane, para pesar el fruto sin el raquis para obtener un peso promedio por tratamiento.

i) Número de manos

Se contó número de manos por cada racimo, en los mismos que no se consideró la primera mano de arriba y la primera de abajo al ser estas las que tienen menor calibre.

j) Número de dedos útiles por mano

Se determinó el número de dedos útiles de acuerdo a los parámetros de selección que califiquen como fruta exportable en función del diámetro y longitud del dedo central.

k) Rendimiento- fruta exportable

Se determinó el rendimiento los tratamientos en los cuales se tomaron los datos de cada una de las unidades experimentales. Se consideró el peso de la fruta que de acuerdo a estándares califica para la exportación, desechando el raquis y la fruta que no califica del racimo cosechado.

l) Análisis económico

Está supeditado a la valoración de los costos de los tratamientos y el rendimiento en fruta exportable, obteniendo los ingresos brutos y el costo por cada tratamiento así saber cuál es beneficio neto de cada tratamiento.



CAPITULO IV.
RESULTADOS

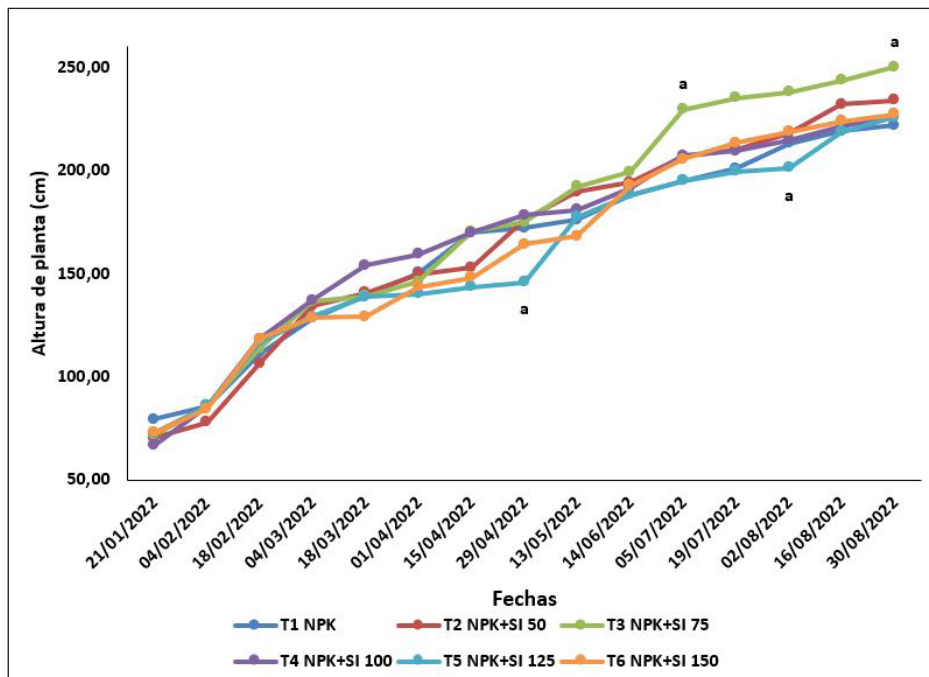


4.1. RESULTADOS

4.1.1. Altura de planta

La Figura 2 indica que no hubo diferencia estadística en ninguno de los tratamientos durante las semanas evaluadas con excepción de algunas semanas. El T3 (Si 75%) presentó diferencias estadísticas en la semana 12 y 15 en comparación al resto de tratamientos. El T5 (Si 125%) presentó menor valor estadístico en la semana 8 y 13 en comparación con el resto de los tratamientos.

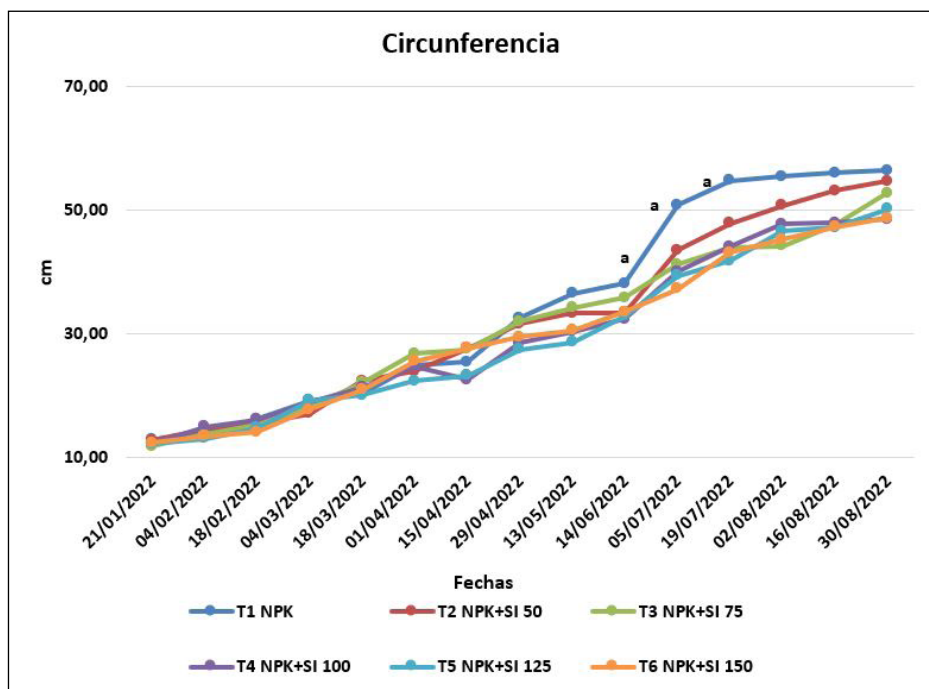
Figura 2. Altura de planta de banano (cm) bajo diferentes dosis de silicio. Letras similares no difieren estadísticamente del análisis de varianza (Tukey $p < 0.05$).



4.2. Circunferencia del pseudotallo

El T1 (control) tuvo mayor crecimiento en circunferencia del tallo durante las semanas 10, 11 y 12. En el resto de las semanas no se presentaron diferencias estadísticas bajo el análisis de varianza Tukey $p < 0.05$ (Figura 2).

Figura 3. Diámetro del pseudotallo de las platas de banano (*Pseudocercospora fijiensis*) mediante la aplicación de diferentes dosis de silicio. Letras similares no difieren estadísticamente del análisis de varianza (Tukey $p < 0.05$).

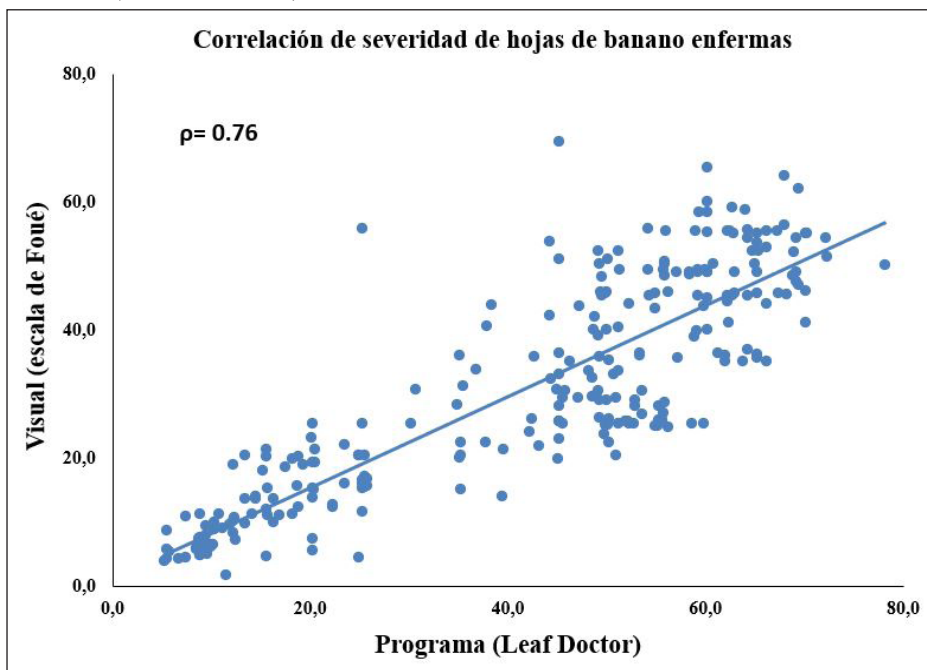


Letras similares no difieren estadísticamente a los demás tratamientos estadísticamente del análisis de varianza (Tukey $p < 0.05$).

4.2.1. Correlación de la enfermedad visual vs programa Leaf Doctor

Para determinar el nivel de severidad de sigatoka negra (*Pseudocercospora fijiensis*) en las hojas de banano se realizó una correlación comparando el nivel de daño de forma visual y el uso del programa Leaf Doctor. Se puede observar que existe una correlación positiva entre la evaluación visual en comparación al programa, donde ρ fue de 0.76. Esto indica que la relación es positiva dando como resultado un 76 % de similitud.

Figura 4. Correlación de severidad de (*Pseudocercospora fijiensis*) en hojas de banano (*Musa acuminata*).

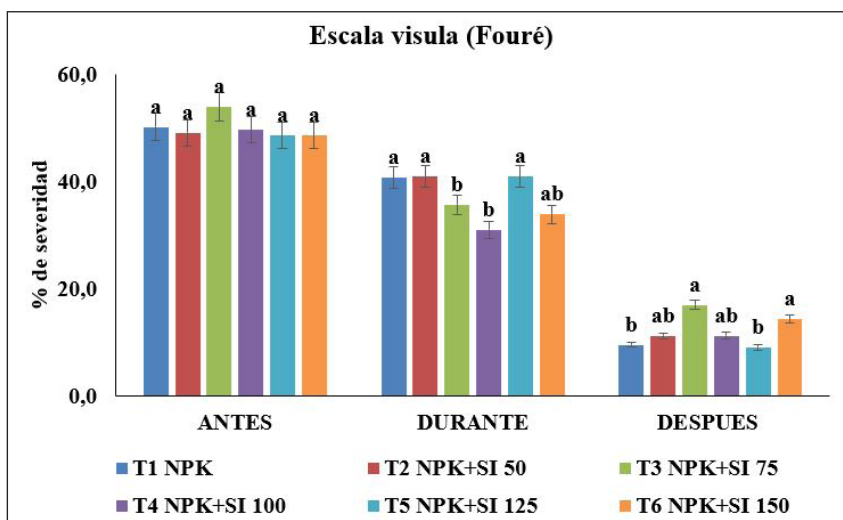


Para la evaluación visual se utilizó la escala de Fouré y para la evaluación por el programa se utilizó el programa Leaf Doctor. R^2 : 0.76.

4.2.2. Severidad de sigatoka negra (*Pseudocercospora fijiensis*) mediante escala visual en hojas de banano

La evaluación de severidad de *P. fijiensis* se realizó mediante la escala visual en diferentes etapas, antes durante y después de la aplicación de Si (SIO-DEM+). En la Figura 4 se muestra que mediante el análisis de varianza no hubo significancia estadística en ninguno de los tratamientos antes de la aplicación del producto. Durante la primera y segunda aplicación de silicio (Si) se mostró mediante el análisis de varianza que no hubo significancia estadística en los tratamientos, excepto en el T3 (Si 75%) y el T4 (Si 100%). Después de realizar las dos aplicaciones del producto se empezó a notar una baja en la severidad de la enfermedad *P. fijiensis* siendo el T5 (Si 125%) el cual presentaba menor severidad en las plantas en comparación al resto de tratamientos.

Figura 5. Severidad de (*Pseudocercospora fijiensis*) en hojas de banano (*Musa acuminata*) bajo la aplicación de diferentes dosis de silicio evaluadas mediante escalas de evaluación visual.

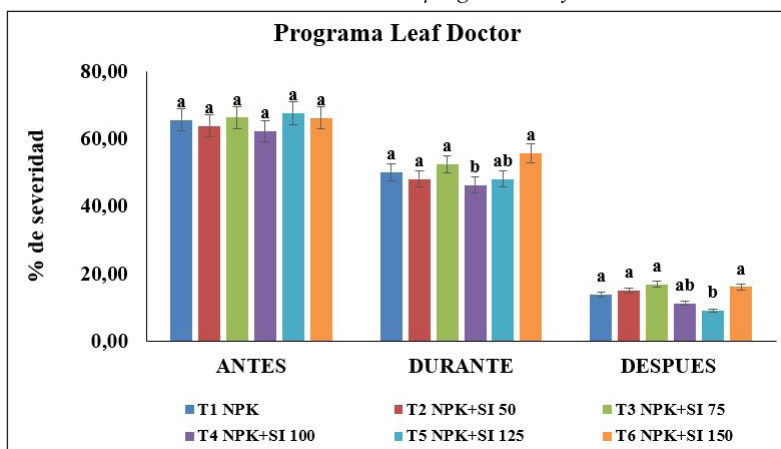


Letras similares no difieren estadísticamente del análisis de varianza (Tukey $p < 0.05$). Las barras representan el error estándar.

4.2.3. Severidad de sigatoka negra (*Pseudocercospora fijiensis*) mediante el programa Leaf Doctor en hojas de banano

Se evaluó la severidad de *P. fijiensis* mediante el uso del programa Leaf doctor en diferentes etapas, antes durante y después de la aplicación de silicio (Si). En la Figura 5 se muestra que mediante el análisis de varianza no hubo significancia estadística en los tratamientos antes de la aplicación del producto. Durante la primera y segunda aplicación de silicio se mostró mediante el análisis de varianza que no hubo significancia estadística en los tratamientos excepto el T4 (Si 100%) en comparación al resto de los demás tratamientos. Después de realizar las dos aplicaciones del producto se empezó a notar que la severidad de la enfermedad *P. fijiensis* empezó a disminuir en todos los tratamientos. Mediante el programa Leaf doctor y el análisis de varianza se determinó que hubo diferencia estadísticas en los tratamientos siendo el tratamiento T5 (Si 125%) el que presentó menor severidad en comparación al resto de tratamientos.

Figura 6. Severidad de (*P. fijiensis*) en hojas de banano (*Musa acuminata*) bajo diferentes dosis de silicio evaluadas mediante el programa Leaf Doctor.



Letras similares no difieren estadísticamente del análisis de varianza (Tukey $p < 0.05$). Las barras representan el error estándar.

4.2.4. Peso del racimo con raquis

Se realizó el análisis de varianza del peso del racimo con raquis el cual presento un coeficiente de variación de 4.03 % (anexo O). El mayor peso de racimo con raquis fue el T4 silicio al 100 % con un total de 121.23 kg siendo estadísticamente diferente al resto de los demás tratamientos. El que menor peso lo obtuvo el T1 (control) con un total de 105.33 kg (Tabla 6).

4.2.5. Peso del racimo sin raquis

Se realizó el análisis de varianza del peso del racimo sin raquis el cual presento un coeficiente de variación de 4.30 % (anexo P) siendo estadísticamente diferente a los demás tratamientos. El mayor peso de racimo con raquis fue el T4 silicio al 100 % con un total de 118.63 kg siendo estadísticamente diferente al resto de los demás tratamientos. El que menor resultados tuvo fue el T1 (control) con un total de 99.33 kg (Tabla 6).

4.2.6. Número de manos

Se realizó el análisis de varianza número de manos útiles el cual presento un coeficiente de variación de 17.77 % (anexo Q). El mayor número de manos cosechada por racima se obtuvo del T5 con un total de 47 manos útiles por racimo siendo estadísticamente superior a los demás, el tratamiento que menor cantidad de manos por racimo fue el T3 un total de 39.67 manos (Tabla 6).

4.2.7. Número de dedos útiles por manos

Se realizó el análisis de varianza número de dedos útiles por mano el cual presento un coeficiente de variación de 5.02 % (anexo R). Seleccionada las manos se procedió a verificar cuales dedos eran útiles en el cual el T4

Si 100% presentó mayor cantidad de dedos útiles con un total de 67.33 Esto sin diferir estadísticamente de los demás tratamientos a excepción del T1 (control) con un total de 64.33 dedos (Tabla 6).

4.2.8. Rendimiento

Se realizó el análisis de varianza del rendimiento el cual presento un coeficiente de variación de 3.00 % (anexo S) siendo estadísticamente diferente a los demás tratamientos. Se logró determinar que el mejor rendimiento fue el tratamiento 4 con un total de 118.63 kg con la aplicación de Si 100% y el que menor rendimiento obtuvo fue el T1 (Control) con un total de 99.33 kg (Tabla 6).

Tabla 6. Variables agronómicas en el cultivo de banano (*Musa acuminata*) bajo diferentes dosis de silicio.

TRATAMIENTOS (Kg/ha)	T1 NPK	T2 +Si 50	T3 +Si 75	T4 +Si 100	T5 +Si 125	T6 +Si 150
Peso del racimo con raquis kg	105.33 c	118.77 ab	106.30 bc	121.23 a	117.23abc	116.20abc
Peso del racimo sin raquis kg	99.33 c	116.10 a	102.47 bc	118.63 a	114.33 ab	112.10abc
Número de manos	43.33 a	46.33 a	39.67 a	51.0 a	47.0 a	44.33 a
Número de dedos útiles /mano	64.33 a	65.67 a	60.0 a	67.33 a	63.0 a	64.67 a
Rendimiento kg	99.33 c	116.10 a	102.47 bc	130.25 a	114.33 ab	112.10abc

Letras similares no difieren estadísticamente del análisis de varianza (Tukey $p < 0.05$)

4.2.9. Análisis económico

Se realizó un análisis económico del rendimiento de los tratamientos tomando en cuenta los costos de producción. El tratamiento con el rendimiento más alto fue el T4 silicio al 100% con un total de 355.9 kg, una relación beneficio costo de 4.21 y una rentabilidad de 31.16. Es importante mencionar que el precio de venta del kilo de banano al momento del ensayo fue de \$0.38.

Tabla 7. Análisis económico de beneficio/costo (B/C) en el cultivo de banano (*Musa acuminata*) bajo la aplicación de diferentes dosis de silicio.

TRATAMIENTOS	Rendimiento (kg)	Ingreso bruto (\$)	Costo/tratamiento (\$)	Beneficio neto (\$)	Relación beneficio / costo	Rentabilidad
T1 (control)	99.33	37.75	30.02	7.72	1.26	388.74
T2 SI 50%	116.1	44.12	31.7	13.05	1.42	238.18
T3 SI 75%	102.47	38.94	31.60	7.34	1.23	430.41
T4 SI 100%	130.25	49.50	32.13	17.37	1.54	184.96
T5 SI 125%	114.33	43.45	32.65	10.79	1.33	302.48
T6 SI 150%	112.1	42.60	33.18	9.42	1.28	352.11

Beneficio neto= ingreso bruto – costo de tratamiento

Relación B/C= ingreso bruto / costo de tratamiento

Rentabilidad= costo de tratamiento / beneficio neto * 100

Precio del kg= 0.38 ctvs.

4.3. Discusión

En el estudio realizado se analizó el área foliar de cultivos de banano (*M. acuminata* spp.) para detectar la sigatoka negra (*P. fijiensis*). Se utiliza silicio, un oligoelemento que ayuda a mejorar las plantas, en especial las hojas, para fortalecer las paredes celulares de las mismas, para lograr resistencia a los patógenos.

Para la evaluación de la severidad de *P. fijiensis* se usaron dos maneras de evaluar las hojas. Una mediante escala visual y otra usando el programa Leaf Doctor, en las hojas afectadas por la enfermedad en el cultivo de banano (*M. acuminata* spp.). Los datos del programa mostraron mayor severidad a diferencia de la escala Fouré, esto debido a que el programa tiene mayor exactitud al momento de detectar las estrías y el porcentaje de *P. fijiensis* en la hoja siendo este más exacto. Sin embargo, Marín (11). Mencionó en su investigación que, para determinar el daño en el área foliar afectada, es necesario evaluar visualmente el área cubierta por los síntomas de la enfermedad en cada hoja afectada. Para facilitar esta

evaluación, se recomienda utilizar un modelo que divida las hojas en porcentajes, llamado escala de Stover. Este modelo haría la evaluación posiblemente más eficiente en el factor tiempo.

En el ensayo realizado el T5 presentó una menor severidad de la planta en comparación con el resto de tratamientos. Esta dosis se lo fraccionó en dos ocasiones, la primera fue a los 112 y la segunda a los 168 días después de la siembra (DDS). El silicio actuó de manera eficaz protegiendo el área foliar de la planta. Según Onofre (15), el silicio es eficaz contra las enfermedades fúngicas como lo es la sigatoka negra (*P. fijiensis*). Adicionalmente, el silicio también ayuda a combatir las enfermedades provocadas por bacterias, nematodos y virus. A medida que la dosis de silicio se aumenta, se espera que mayor sea la efectividad del producto para el control del patógeno. Los fertilizantes que contienen grandes dosis de silicio ayudan a las plantas a superar estrés biótico y abiótico. Estos productos provienen del segundo elemento más abundante sobre la corteza de la tierra luego del oxígeno, es considerado un elemento benéfico para el desarrollo y crecimiento de las plantas Onofre (15).

Al analizar el grado de severidad de *P. fijiensis* en las hojas de banano (*M. acuminata* spp.) se pudo observar una disminución significativa de la enfermedad. Esto se pudo visualizar principalmente a los 220 días después de la siembra (DDS). Se examinó el área foliar en tres etapas; antes, durante y después de la aplicación del producto. Los tratamientos con silicio beneficiaron fisiológicamente a la planta logrando hacer a la planta más vigorosa y resistente a patógenos y así mejorando su rendimiento agronómico. Aunque Londoño (18) señaló en su estudio, "Evaluación del uso de silicio asimilable en banano (*Musa* AAA) para el control del hongo *Mycosphaerella Fijiensis* y el nematodo *Radopholus similis*", mencionó que los resultados observados con el fertilizante de silicio se pueden considerar como un medio para controlar la mancha negra (*M. fijiensis*). Antes de la cosecha, el número de hojas funcionales aumentó en un 10.86 %.

En la investigación realizada se usaron diferentes porcentajes de silicio usando como referencia la dosis de 780 kg ha⁻¹. En base a las variables agronómicas evaluadas en esta investigación, se determinó que en la mayoría no existía diferencia estadística en los tratamientos y que incluso algunas variables fueron superiores en el T1 (control) como lo fue el número de dedos útiles. Sin embargo, Intagri (21) mencionó que en su estudio registró un aporte total de silicio de 450 kg ha⁻¹ por año, se encontró un efecto muy similar al aplicar CaSiO₃. En dicha investigación se pudo encontrar hasta un 40% de silicio en suelos arenosos, pero menos del 9% en otros suelos. Esto podría ser hincapié para cambiar los nutrientes o combinar los mismos.

El análisis de beneficio costo (B/C) recomienda reducir la dosis de silicio, siendo el T4 (Si 100%) el de mayor rendimiento, a diferencia de otros tratamientos donde se utiliza este producto. Existen varios productos a base de silicio en el mercado nacional, los cuales se pueden usar localmente y al mismo tiempo el precio de compra es bajo. Mientras que El universo (19). Menciona que, al mejorar la capacidad de asimilar y transportar los nutrientes, por el efecto de optimizar el pH (acidez) en el suelo, los incrementos de producción comprobados van del 10% al 25% en banano y plátano. Es probable que, haciendo una mejora al suelo previo a la aplicación del producto, se puedan obtener resultados superiores.



CAPÍTULO V.
CONCLUSIONES



5.1. Conclusiones

- Se determinó que el silicio tiene efecto en el control de la enfermedad en el cultivo de banano siendo el T4 silicio al 100 % el que redujo notablemente la presencia de sigatoka negra (*P. fijiensis*) a nivel foliar. Así mejorando el rendimiento de la producción.
- Se estableció que el uso de la aplicación Leaf Doctor y escalas visuales no tuvieron diferencias estadísticas, siendo efectivos ambos métodos para determinar el daño ocasionado sigatoka negra (*P. fijiensis*) en hojas del cultivo de banano.
- A nivel económico se determinó que la aplicación de silicio no siempre es rentable en el cultivo de banano. Tres de los seis tratamientos dieron rendimientos inferiores al tratamiento 1 (control). Al contrastar el B/C el T4 (Si 100%) fue 14% superior al control.

BIBLIOGRAFÍA

1. López, Luis Fernando Benavides. Cuantificación temprana de pseudocercospora fijiensis por medio de qpcr en modelos predictivos de sigatoka negra en plantas de banano (musa aaa). Costa rica : instituto tecnológico de costa rica, 2019.
2. CITAIE. Prácticas efectivas para la reducción de impactos por eventos climáticos en el cultivo de banano en Costa Rica. San José - Costa Rica : s.n., 2017. Ficha técnica.
3. Sabio, Carlos, Victor, Salgado y Carlos, Salgado. Manual del cultivo de banano. 2003. pág. Manual Técnico.
4. Echocommunity. echocommunity. [En línea] 2018. [Citado el: 05 de 12 de 2022.] <https://www.echocommunity.org/es/resources/8cbb2aad-d606-43ba-87c8-047a7b2d8230>.
5. El Silicio en la resistencia de los cultivos. Castellanos, González Leónides, Prado, Renato de Mello y Campos, Naudi Silva. La Habana : s.n., 2015, cultrop vol.36 , Vol. Vol. 36.
6. Córdoba, Enrique Alvarez. Guía técnica del cultivo de plátano. San Lorenzo : cemta, 2018.
7. Exbanlight. <https://exbanlight.com>. <https://exbanlight.com>. [En línea] 07 de enero de 2019. <https://exbanlight.com/banano-origen/>.
8. Zambrano, Silvia Pamela Guerrero. Características morfométricas de cultivares de musáceas establecidos en la finca experimental “La Maria. Quevedo – Los Ríos – Ecuador : Universidad Técnica Estatal De Quevedo., 2016.

9. Redagroactiva. redagroactiva.com. redagroactiva.com. [En línea] 20 de 07 de 2017. <https://redagroactiva.com/morfologia-de-la-planta-de-platano/>.
10. Moposita, Jenny Lucia de los Angeles. Campaña de control de Sigatoka Negra (*Mycosphaerella fijiensis* Morelet) en la Hacienda a Elvira del año 2017. Babahoyo : Universidad Técnica De Babahoyo, 2017.
11. Marín, Douglas H. Instructivo para la evaluación de incidencia y severidad de la sigatoka negra (*Mycosphaerella fijiensis* morelet). 1 - 6 : s.n., 2018.
12. Villeda, Ricky Michael Lopez. Manejo cultural y orgánico de sigatoka (*Mycosphaerella fijiensis*) en vivero de banano; izaba sistematización de práctica profesional. Guatemala de la asunción : Universidad Rafael Landívar, 2017.
13. Pacheco, Jinsoph Armando Ordoñez. "Efecto del control de sigatoka negra, con un fungicida protectante aplicado bajo simulación de lluvia en una plantilla de banano. Machala : Universidad Tecnica De Machala , 2017.
14. AEFA. <https://aefa-agronutrientes.org>. <https://aefa-agronutrientes.org>. [En línea] 05 de 07 de 2020. <https://aefa-agronutrientes.org/el-silicio-como-fertilizante-y-bioestimulante-agricola>.
15. Onofre, José Fernando Salazar. El Silicio (Si) como mineral multifuncional en la agricultura. Babahoyo : Universidad Técnica De Babahoyo, 2019.

16. Guerra, Layana Adrián David. “Adquisición de silicio en banano (Musa sp. Var williams) inoculados con micorrizas arbusculares bajo condiciones controladas”. Escuela Superior Politécnica Del Litoral. Guayaquil-ecuador : ESPOL, 2018. Tesis .

17. Intagri. Manejo de la sigatoka negra en banano. Informe tecnico . s.l. : INTAGRI, 2017. págs. 1-3.

18. Londoño, Puerta Diego Alejandro. Río Claro Tecnología en Agricultura. Efectos de la aplicación de silicio asimilable en el cultivo del banano. [En línea] 2014. [Citado el: 29 de 09 de 2022.] <https://www.rioclaro.com.co/efectos-de-la-aplicacion-de-silicio-asimilable-en-el-cultivo-del-banano-content-69.html#:~:text=Los%20resultados%20sugieren%20que%20la,en%20un%2010%2C86%25..>

19. El Universo. Silicio aumenta el rendimiento. 19 de 04 de 2008.

20. Vinces, Tachong Romulo Enrique. “Evaluación de severidad en la mancha de asfalto (Phyllachora maydis) en el cultivo de maíz (Zea mays) bajo el efecto del óxido de silicio (SiO₂)”. Universidad Técnica Estatal De Quevedo. Quevedo : Uteq, 2021. Tesis.

21. Producción de banano orgánico, una experiencia exitosa en La sabana del cantón pasaje, provincia El Oro, Ecuador. Estrada & Encalada, Estrada Martínez S., & Encalada-Pardo, N. L. 2018, Revista Científica Agroecosistemas, págs. 23 - 24.

22. Duque, Sebastián, Monsalve, Paulina y Restrepo, Camila. Intervención mofológica de la hoja de banano . Medellín, Antioquia : Universidad Pontificia Bolivariana, 2019.

23. Sánchez, Ana María, y otros. Sector bananero Ecuatoriano. Ambato : Universidad Tecnica De Ambato, 2020.
24. Vargas, Armando Céspedes, y otros. Prácticas efectivas para la reducción de impactos por eventos climáticos en el cultivo de banano en costa rica. turrialba : catie, 2017.
25. Intagri. <https://www.intagri.com>. <https://www.intagri.com>. [En línea] 05 de 05 de 2016. <https://www.intagri.com/articulos/nutricion-vegetal/silicio-para-la-nutricion-y-proteccion-vegetal>.
26. Murillo, De León Marco Orlando. “Evaluación de herbicidas en el control de malezas de hoja ancha y angosta en el cultivo de Banano (*Musa Acuminata*)”. Universidad Técnica Estatal De Quevedo. Quevedo : S.N., 2022. Tesis.
27. Poveda, Morán Rubén Alexander. Análisis económico del sistema de producción de banano orgánico y convencional (*Musa paradisiaca*) en dos haciendas de la provincia de Los Rios. Facultad De Ciencias Agrarias, Universidad Técnica Estatal De Quevedo. Quevedo : s.n., 2019. Tesis.

ANEXOS

Anexo A. Preparación de terreno, siembra y fumigación de colinos.



Anexo B. Delimitación de los tratamientos en el ensayo realizado.



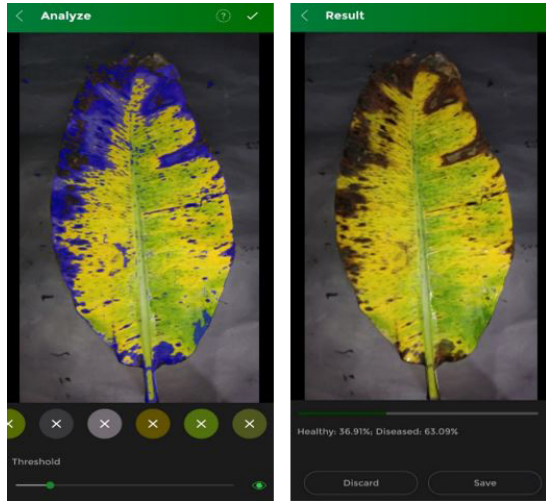
Anexo C. Establecimiento del cultivo a los 40 días después de la siembra (DDS).



Anexo D. Preparación y peso de fertilizantes según las necesidades del cultivo.



Anexo E. Severidad de *M. fijiensis* en hojas banano mediante el programa.



Anexo F. Evaluación de altura de planta y circunferencia del pseudotallo.



Anexo G. Enfunde y colocación de protectores en los racimos.



Anexo H. Cosecha de banano.



Anexo I. Costo del kilogramo del banano según el SIPA.

Banano (Guineo)

Registro de los precios obtenidos en los últimos 10 días, si desea puede cambiar dicho rango y luego debe presionar el botón que dice BUSCAR.

Desde:

Buscar

Hasta:

Mercado	Precio Mínimo	Precio Promedio	Precio Máximo	Penúltimo Precio	Último Precio	Tendencia	% Variación
Babahoyo - 4 de Mayo	0.11	0.11	0.11		0.11 15/09/2022		
Cuenca - El Arenal	0.38	0.38	0.38	0.38 13/09/2022	0.38 16/09/2022	SE MANTIENE	0.00
Guayaquil - TTV	0.20	0.20	0.20	0.20 15/09/2022	0.20 16/09/2022	SE MANTIENE	0.00
Milagro - Mercado de Transferencia	0.24	0.25	0.25	0.25 09/09/2022	0.24 16/09/2022	BAJÓ	-4.17
Quito MMQ-EP	0.14	0.24	0.33	0.24 13/09/2022	0.24 16/09/2022	SE MANTIENE	0.00
Sto. Domingo	0.15	0.15	0.15	0.15 13/09/2022	0.15 15/09/2022	SE MANTIENE	0.00

Anexo J. Análisis de varianza de altura de planta 21/01/2022

Análisis de la varianza

Variable	N	R ^s	R ^s Aj	CV
ALTURA DE PLANTA 21/01/22	18	0,70	0,57	4,24

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	262,20	5	52,44	5,60	0,0069
TRATAMIENTOS	262,20	5	52,44	5,60	0,0069
Error	112,40	12	9,37		
Total	374,60	17			

Test: Tukey Alfa=0,05 DMS=8,39357
Error: 9,3667 gl: 12

TRATAMIENTOS	Medias	n	E.E.
T1	79,40	3	1,77 A
T6	72,87	3	1,77 A B
T5	72,67	3	1,77 A B
T3	71,63	3	1,77 A B
T2	70,40	3	1,77 B
T4	66,60	3	1,77 B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p > 0,05)

Anexo K. Análisis de varianza del 18/02/2022

Análisis de la varianza

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
ALTURA DE PLANTA 18/02/22	18	0,85	0,78	1,97

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	335,69	5	67,14	13,32	0,0002
TRATAMIENTOS	335,69	5	67,14	13,32	0,0002
Error	60,47	12	5,04		
Total	396,16	17			

Test:Tukey Alfa=0,05 DMS=6,15666

Error: 5,0394 gl: 12

TRATAMIENTOS	Medias	n	E.E.
T4	118,37	3	1,30 A
T6	118,30	3	1,30 A
T5	116,87	3	1,30 A B
T3	113,83	3	1,30 A B
T1	111,27	3	1,30 B C
T2	106,33	3	1,30 C

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)

Anexo L. Análisis de varianza circunferencia de pseudotallo 16/08/2022

Análisis de la varianza

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
Circunferencia 16/08/2022	18	0,60	0,43	11,08

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	471,86	5	94,37	3,59	0,0325
Tratamientos	471,86	5	94,37	3,59	0,0325
Error	315,86	12	26,32		
Total	787,72	17			

Test:Tukey Alfa=0,05 DMS=14,07054

Error: 26,3217 gl: 12

Tratamientos	Medias	n	E.E.
T1	56,07	3	2,96 A
T2	47,40	3	2,96 A B
T6	46,40	3	2,96 A B
T3	45,27	3	2,96 A B
T5	43,60	3	2,96 A B
T4	39,07	3	2,96 B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)

Anexo M. Análisis de varianza mediante escala visual (escala de Fouré)

Análisis de la varianza

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
Seriedad Leaf Doctor	18	0,39	0,14	33,77

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	44,21	5	8,84	1,54	0,2490
Tratamientos	44,21	5	8,84	1,54	0,2490
Error	68,79	12	5,73		
Total	113,00	17			

Test:Tukey Alfa=0,05 DMS=6,56622

Error: 5,7322 gl: 12

Tratamientos	Medias	n	E.E.
T2	8,87	3	1,38 A
T3	8,63	3	1,38 A
T6	7,60	3	1,38 A
T1	7,40	3	1,38 A
T5	5,37	3	1,38 A
T4	4,67	3	1,38 A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)

Anexo N. Análisis de varianza mediante el programa Leaf Doctor

Análisis de la varianza

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
Seriedad Leaf Doctor	18	0,39	0,14	20,41

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	30,29	5	6,06	1,54	0,2506
Tratamientos	30,29	5	6,06	1,54	0,2506
Error	47,31	12	3,94		
Total	77,60	17			

Test:Tukey Alfa=0,05 DMS=5,44534

Error: 3,9422 gl: 12

Tratamientos	Medias	n	E.E.
T2	11,50	3	1,15 A
T3	11,33	3	1,15 A
T4	9,90	3	1,15 A
T1	8,73	3	1,15 A
T6	8,67	3	1,15 A
T5	8,23	3	1,15 A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)

Anexo O. Análisis de varianza peso de racimo con raquis

Análisis de la varianza

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
Racimo con Raquis	18	0,73	0,61	4,03

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	673,64	5	134,73	6,37	0,0041
Tratamientos	673,64	5	134,73	6,37	0,0041
Error	253,65	12	21,14		
Total	927,29	17			

Test: Tukey Alfa=0,05 DMS=12,60893

Error: 21,1372 gl: 12

Tratamientos Medias n E.E.

T	Medias	n	E.E.
T4	121,23	3	2,65 A
T2	118,77	3	2,65 A B
T5	117,23	3	2,65 A B C
T6	116,20	3	2,65 A B C
T3	106,30	3	2,65 B C
T1	105,33	3	2,65 C

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)

Anexo P. Análisis de varianza peso de racimo sin raquis

Análisis de la varianza

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
Racimo sin Raquis	18	0,76	0,66	4,30

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	872,70	5	174,54	7,71	0,0019
Tratamientos	872,70	5	174,54	7,71	0,0019
Error	271,69	12	22,64		
Total	1144,39	17			

Test: Tukey Alfa=0,05 DMS=13,04961

Error: 22,6406 gl: 12

Tratamientos Medias n E.E.

T	Medias	n	E.E.
T4	118,63	3	2,75 A
T2	116,10	3	2,75 A
T5	114,33	3	2,75 A B
T6	112,10	3	2,75 A B C
T3	102,47	3	2,75 B C
T1	99,93	3	2,75 C

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)

Anexo Q. Análisis de varianza número de manos

Análisis de la varianza

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
Numero de manos	18	0,22	0,00	17,77

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	218,94	5	43,79	0,68	0,6494
Tratamientos	218,94	5	43,79	0,68	0,6494
Error	776,67	12	64,72		
Total	995,61	17			

Test:Tukey Alfa=0,05 DMS=22,06383

Error: 64,7222 gl: 12

Tratamientos	Medias	n	E.E.
T4	51,00	3	4,64 A
T5	47,00	3	4,64 A
T2	46,33	3	4,64 A
T6	44,33	3	4,64 A
T1	43,33	3	4,64 A
T3	39,67	3	4,64 A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)

Anexo R. Análisis de varianza número de dedos útiles

Análisis de la varianza

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
Numero de dedos utiles	18	0,43	0,19	5,02

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	93,83	5	18,77	1,81	0,1860
Tratamientos	93,83	5	18,77	1,81	0,1860
Error	124,67	12	10,39		
Total	218,50	17			

Test:Tukey Alfa=0,05 DMS=8,83972

Error: 10,3889 gl: 12

Tratamientos	Medias	n	E.E.
T4	67,33	3	1,86 A
T2	65,67	3	1,86 A
T6	64,67	3	1,86 A
T1	64,33	3	1,86 A
T5	63,00	3	1,86 A
T3	60,00	3	1,86 A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)

Anexo S. Análisis de varianza rendimiento

Análisis de la varianza

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
Rendimiento	18	0,76	0,66	3,00

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	872,70	5	174,54	7,71	0,0019
Tratamientos	872,70	5	174,54	7,71	0,0019
Error	271,69	12	22,64		
Total	1144,39	17			

Test: Tukey Alfa=0,05 DMS=13,04961

Error: 22,6406 gl: 12

Tratamientos	Medias	n	E.E.	
T4	118,63	3	2,75	A
T2	116,10	3	2,75	A
T5	114,33	3	2,75	A B
T6	112,10	3	2,75	A B C
T3	102,47	3	2,75	B C
T1	99,93	3	2,75	C

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)



Dr. EDUARDO DÍAZ OCAMPO, Ph.D.
RECTOR

Ing. YENNY GUISELLI TORRES NAVARRETE, Ph.D.
VICERRECTORA ACADÉMICA

Ing. BOLÍVAR ROBERTO PICO SALTOS, M.Sc.
VICERRECTOR ADMINISTRATIVO

Econ. CARLOS EDISON ZAMBRANO, Ph.D.
DIRECTOR DE INVESTIGACIÓN - DICYT

