



UNIVERSIDAD LAICA ELOY ALFARO DE MANABÍ
EXTENSIÓN EN EL CARMEN
CARRERA DE INGENIERÍA AGROPECUARIA

Creada Ley No 10 – Registro Oficial 313 de Noviembre 13 de 1985

PROYECTO DE INVESTIGACIÓN

TRABAJO EXPERIMENTAL PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO
DE INGENIERA AGROPECUARIA

**Silicio biodisponible, en el manejo de sigatoka negra (*Mycosphaerella*
fijiensis) en plátano de exportación (*Musa AAB*)**

AUTOR: ALCÍVAR TUÁREZ DIANA MARIAN

TUTOR: ING. MARCO VINICIO DE LA CRUZ CHICAIZA Mg.

El Carmen, abril del 2022

	NOMBRE DEL DOCUMENTO: CERTIFICADO DE TUTOR(A).	CÓDIGO: PAT-01-F-010
	PROCEDIMIENTO: TITULACIÓN DE ESTUDIANTES DE GRADO.	REVISIÓN: 1 Página i de 44

CERTIFICACIÓN

En calidad de docente tutor de la carrera de Ingeniería Agropecuaria de la Universidad Laica “Eloy Alfaro” de Manabí, CERTIFICO:

Haber dirigido y revisado el trabajo de titulación, bajo la autoría de la estudiante Alcívar Tuárez Diana Marian, legalmente matriculada en la carrera de ingeniería agropecuaria, período académico 2021(2)-2022(1), cumpliendo el total de 64 horas, bajo la opción de titulación de proyecto de investigación, cuyo tema del proyecto es “Silicio biodisponible, en el manejo de sigatoka negra (*Mycosphaerella fijiensis*) en plátano de exportación (*Musa AAB*)”.

La presente investigación ha sido desarrollada en apego al cumplimiento de los requisitos académicos exigidos por el Reglamento de Régimen Académico y en concordancia con los lineamientos internos de la opción de titulación en mención, reuniendo y cumpliendo con los méritos académicos, científicos y formales, suficientes para ser sometida a la evaluación del tribunal de titulación que designe la autoridad competente.

Particular que certifico para los fines consiguientes, salvo disposición de Ley en contrario.

El Carmen, 13 abril de 2022

Lo certifico,

Ing. Marco Vinicio de la Cruz Chicaiza Mg.

Docente Tutor

Área: Agricultura, Silvicultura, Pesca y Veterinaria



UNIVERSIDAD LAICA ELOY ALFARO DE MANABÍ
EXTENSIÓN EN EL CARMEN
CARRERA DE INGENIERÍA AGROPECUARIA

Creada Ley No 10 – Registro Oficial 313 de Noviembre 13 de 1985

TRABAJO EXPERIMENTAL PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO
DE INGENIERA AGROPECUARIA

TÍTULO:

Silicio biodisponible, en el manejo de sigatoka negra (*Mycosphaerella fijiensis*)
en plátano de exportación (*Musa AAB*)

AUTOR: Alcívar Tuárez Diana Marian

TUTOR: Ing. Marco Vinicio De la Cruz Chicaiza Mg.

TRABAJO EXPERIMENTAL PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE
INGENIERA AGROPECUARIA

TRIBUNAL DE TITULACIÓN

Ing. José Randy Cedeño Z, Mg.

Ing. Francel Xavier López M, PhD

Ing. Ricardo Paul González D, Mg.

DEDICATORIA

Mi esfuerzo y lucha constante de este trabajo se los dedico a Dios por darme la inspiración necesaria para plantearme metas y querer cumplirlas, aunque los caminos sean difíciles.

También le dedico este trabajo a mis padres, quienes a lo largo de mi vida han velado por mi bienestar y educación siendo mi apoyo en todo momento.

A mis hermanos por compartir su vida junto a la mía y convertir los momentos amargos y difíciles en sueños y felicidad.

AGRADECIMIENTOS

Agradezco de manera infinita a Dios, que fue mi principal apoyo y motivador para cada día continuar sin tirar la toalla.

Mi agradecimiento va dirigido especialmente a mis padres Agapito y Antonia, quienes son mis mayores promotores y me han apoyado arduamente día tras día, tanto en los aspectos económicos y espirituales, que me sirvieron mucho para completar este objetivo.

Mi agradecimiento total para José Luis, quien con su ayuda ha sido fundamental durante este proceso, ha estado conmigo incluso en los momentos más turbulentos en mi vida, este proyecto no fue fácil, pero estuvo motivándome y ayudándome para culminar esta meta.

A mis hermanos Jefferson, Erick, Mercedes y Nubia, por ser esa mano amiga incondicional que necesité en los momentos difíciles y me apoyaron desde siempre.

A mis compañeras/os que de alguna u otra manera me ayudaron con sus conocimientos, cuando no sabía de algún trabajo.

A mi tutor de tesis por el acompañamiento y los consejos que me sirvieron para completar mi trabajo de titulación.

A los docentes, quienes han impartido sus conocimientos y experiencia para formarme como una profesional durante esta etapa de preparación.

Así mismo también a la finca Natividad, la cual fue la herramienta principal para culminar este trabajo investigativo, la misma que me facilitó la información necesaria para poder hacer realidad la presente investigación.

A la UNIVERSIDAD LAICA ELOY ALFARO DE MANABI por darme la oportunidad de pertenecer a ella y obtener mi título profesional.

ÍNDICE

DEDICATORIA.....	iii
AGRADECIMIENTOS.....	iv
ÍNDICE.....	v
TABLAS.....	vi
FIGURAS.....	vii
ANEXOS.....	vii
RESUMEN.....	viii
ABSTRACT.....	ix
INTRODUCCIÓN.....	1
CAPÍTULO I.....	3
1 MARCO TEÓRICO.....	3
1.1 El cultivo de plátano.....	3
1.1.1 Importancia del cultivo.....	3
1.1.2 Generalidades del cultivo.....	3
1.2 Sigatoka negra (<i>Mycosphaerella fijiensis</i>).....	4
1.3 Reproducción de la sigatoka negra.....	5
1.3.1 Ciclo de vida.....	5
1.4 Manejo de la sigatoka negra.....	6
1.4.1 Silicio.....	7
CAPÍTULO II.....	8
2 DIAGNÓSTICO O ESTUDIO DE CAMPO.....	8
2.1 Ubicación del ensayo.....	8
2.2 Características agroecológicas de la zona.....	8
2.3 Variables en estudio.....	8
2.3.1 Variables independientes.....	8
2.3.2 Variables dependientes.....	9
2.4 Característica de las Unidades Experimentales.....	9
2.5 Tratamientos.....	10
2.6 Diseño experimental.....	10

2.7	Materiales e instrumentos	11
2.7.1	Equipos de campo.....	11
2.7.2	Materiales de oficina	11
2.8	Manejo del Ensayo.....	11
2.8.1	Selección de parcela	11
2.8.2	Medidas de las parcelas	12
2.8.3	Parámetros de control	12
CAPÍTULO III		13
3	EVALUACIÓN DE LOS RESULTADOS	13
3.1	Peso de racimo	13
3.2	Racimos por caja.....	14
3.3	Número de hojas a la floración	15
3.4	Días a la cosecha.....	17
3.5	Emisión foliar	18
3.6	Incidencia de sigatoka negra <i>Mycosphaerella fijiensis</i>	19
3.7	Relación Beneficio/costo	22
CONCLUSIONES.....		24
RECOMENDACIONES		25
BIBLIOGRAFÍA		26

TABLAS

Tabla 1.	Características meteorológicas presentadas en el ensayo.....	8
Tabla 2.	Descripción de la unidad experimental.	9
Tabla 3.	Disposición de los tratamientos.....	10
Tabla 4.	Esquema del ADEVA	11
Tabla 5.	Aplicación de diferentes niveles de silicio en el cultivo de plátano barraganete sobre el rendimiento productivo del racimo.....	13
Tabla 6.	Número de racimos de plátano barraganete por caja bajo la aplicación de diferentes dosis de silicio.	14

Tabla 7. Análisis de costos variables y relación beneficio/costo de los tratamientos aplicados.	23
---	----

FIGURAS

Figura 1. Aplicación de diferentes dosis de silicio sobre el número de hojas a la floración del plátano barraganete.	16
Figura 2. Aplicación de diferentes dosis de silicio sobre el número de días a la cosecha del plátano barraganete.	17
Figura 3. Emisión foliar del cultivo de plátano barraganete Musa AAB bajo la fertilización con niveles de silicio.	18
Figura 4. Nivel de severidad de la sigatoka negra en la hoja 2 del plátano barraganete con aplicaciones de silicio.	19
Figura 5. Nivel de severidad de la sigatoka negra en la hoja 3 del plátano barraganete con aplicaciones de silicio.	20
Figura 6. Nivel de severidad de la sigatoka negra en la hoja 4 del plátano barraganete con aplicaciones de silicio.	21
Figura 7. Nivel de severidad de la sigatoka negra en la hoja 5 del plátano barraganete con aplicaciones de silicio.	22

ANEXOS

Anexo 1. ADEVA del peso de racimo del plátano barraganete.	xii
Anexo 2. ADEVA del número de días a la cosecha del plátano barraganete.	xii
Anexo 3. ADEVA del número de racimos por caja del plátano barraganete.	xii
Anexo 4. ADEVA del número de hojas a la floración del plátano barraganete,	xii
Anexo 5. Media de los niveles de severidad de la sigatoka negra en el plátano barraganete.	xii
Anexo 6. Aplicación de los tratamientos.	xiii
Anexo 7. Preparación de las algas diatomeas.	xiv
Anexo 8. Toma de datos en afección de sigatoka negra en las hojas.	xv
Anexo 9. Peso del racimo de los tratamientos.	xvi

RESUMEN

Se realizó el trabajo experimental en una platanera con la variedad barraganete *Musa AAB* ubicada en el cantón El Carmen provincia de Manabí, en el km 7 de la vía Sumita Pita a margen izquierdo, con la finalidad de evaluar el silicio biodisponible en el manejo de sigatoka negra (*Mycosphaerella fijiensis*) en plátano de exportación (*Musa AAB*); se implantó un diseño de bloques completamente al azar (DBCA) donde se establecieron 3 dosis de silicio biodisponible (0,5 – 1,0 – 1,5 kg ha⁻¹) más un testigo, dando un total de 4 tratamientos y cuatro repeticiones; el testigo fue sometido a un control de sigatoka manual mediante el deshoje fitosanitario. Los resultados obtenidos determinaron que los niveles de silicio biodisponible y el testigo si tuvieron incidencia en el racimo del plátano; en cuanto a los días a la cosecha los tratamientos con silicio tuvieron menor tiempo para llegar a esta labor con un promedio de 413,04 días; para los parámetro foliares las parcelas en las que se aplicaron silicio obtuvieron mayor número de hojas a la floración (8,49 hojas), sin embargo, en cuanto a los niveles de severidad de la sigatoka, el testigo presentó el más alto de incidencia mientras que los tratamiento alcanzaron los rango más elevados en esta variable.

Palabras claves; severidad, deshoje, fitosanitario, foliares, sigatoka negra.

ABSTRACT

The experimental work was carried out in a banana plantation with the Barraganete *Musa AAB* variety located in the canton of El Carmen, province of Manabí, at km 7 of the Sumita Pita road on the left bank, in order to evaluate the bioavailable silicon in the management of sigatoka black (*Mycosphaerella fijiensis*) in export banana (*Musa AAB*); a completely randomized block design (DBCA) was implemented where 3 doses of bioavailable silicon (0.5 – 1.0 – 1.5 kg ha⁻¹) plus a control were presented, giving a total of 4 treatments and four repetitions ; the control was subjected to a manual sigatoka control through phytosanitary defoliation. The results obtained determined that the levels of bioavailable silicon and the control did have an impact on the banana bunch; Regarding the days to harvest, the silicon treatments had less time to reach this task with an average of 413.04 days; For the foliar parameters, the plots in which silicon was applied obtained a greater number of leaves at flowering (8,49 leaves), however, in terms of the levels of severity of Sigatoka, the control presented the highest incidence while the treatments reached the highest range in this variable.

Keywords; severity, defoliation, phytosanitary, foliar, black sigatoka,

INTRODUCCIÓN

El cultivo de plátano (*Musa AAB*), representa un importante sostén económico para las familias campesinas dedicadas directa o indirectamente a esta actividad, además de que aporta un sustento a la seguridad alimentaria del país; desde el punto de vista social, el plátano genera fuentes estables y transitorias de trabajo, además de proveer permanentemente alimentos ricos en energía a la mayoría de la población rural, desde la perspectiva comercial contribuye al PIB y el ingreso de divisas a los países que se dedican a la exportación de la fruta de manera constante (Álvarez *et al.*, 2020).

La zona de mayor producción de esta musácea en Ecuador es la conocida como el triángulo platanero, región en la que se cultiva y se produce plátano a gran escala y que en su mayoría se exporta al exterior, ésta abarca las provincias de Manabí, Santo Domingo y Los Ríos, que por sus características agroecológicas presta las condiciones ideales para el desarrollo de la actividad; las principales variedades explotadas en estas zonas son el “Dominico”, que se lo destina principalmente para el auto consumo y el “Barraganete” que es el de mayor exportación (INIAP, 2011).

Esta importancia se incrementa con el paso de los años por los beneficios sociales y económicos que brinda este cultivo a los pobladores, con la generación de empleos y la disminución de los índices de desnutrición del sector, además de crear ganancias a los agricultores, sin embargo, los ingresos de dinero para este cultivo dependen de los mercados internacionales y locales que exigen cada vez más una mayor calidad de la fruta, es decir, excelente rendimiento en peso y longitud y sin problemas fitosanitarios (Benavides, 2019).

Los productores de plátano barraganete además de enfrentar las dificultades económicas por la caída del precio del producto, tienen que manejar adecuadamente y realizar inversiones constantes para controlar los problemas de plagas y enfermedades que afectan el desarrollo y producción del cultivo, entre las más destacadas se encuentra la sigatoka negra (*Mycosphaerella fijiensis*), considerada entre los patógenos de mayor incidencia en los cultivos y de gran impacto productivo y económico, especialmente en las actividades plataneras y bananeras de todo el mundo (Barrera, Barraza y Campo, 2016).

El ataque de la sigatoka negra en el cultivo de plátano se concentra en las hojas, tornando a estas de color amarilla hasta que se vuelven café oscuro, en consecuencia la incidencia de esta plaga produce un alargamiento entre el tiempo de la emisión de la bellota hasta el momento de la cosecha, y provocan una maduración acelerada de la fruta en la planta y después del corte,

en consecuencia la producción de fruta se ve reducida y los racimos rechazados se incrementan por la baja cantidad de hojas a la cosecha y falta de calidad de los dedos del racimo de plátano (Cedeño *et al.*, 2021).

El manejo del cultivo de plátano de exportación que se realiza en las plantaciones manabitas tiende a ser tradicionalista en cuanto a la aplicación de nutrientes, labores culturales, y especialmente plagas y enfermedades, que ha provocado grandes pérdidas en los ingresos económicos de los productores (Sepúlveda *et al.*, 2018), por esta razón, se busca promover nuevas soluciones frente a este problema que se ha venido presentando en los últimos años y una de esas es el uso de silicio biodisponible, el mismo que cumple funciones de aumentar la resistencia de las plantas al ataque de microorganismos patógenos e insectos fitófagos que provocan pérdidas al cultivo (DIATOMIX, 2019).

Por este motivo se plantea el siguiente trabajo experimental para el control del ataque de sigatoka negra (*Mycosphaerella fijiensis*) en el cultivo de plátano barraganete para exportación con el uso de silicio biodisponible en el cantón El Carmen.

Objetivo general:

Evaluar el silicio biodisponible en el manejo de sigatoka negra (*Mycosphaerella fijiensis*) en plátano de exportación (*Musa* AAB).

Objetivo específico:

- Medir el efecto de las dosis de silicio biodisponible para el manejo de la sigatoka negra en la producción del plátano barraganete.
- Determinar la influencia de la dosis de silicio biodisponible en el control de la sigatoka negra en el cultivo de plátano barraganete.
- Analizar el beneficio/costos de los tratamientos aplicados.

Hipótesis:

Ha: Las aplicaciones de Silicio biodisponible, influyen significativamente en el manejo de la sigatoka negra (*Mycosphaerella fijiensis*) en plátano de exportación (*Musa* AAB).

CAPÍTULO I

1 MARCO TEÓRICO

1.1 El cultivo de plátano

1.1.1 Importancia del cultivo

Según los datos recopilados de la Organización de las Naciones Unidas para la alimentación y la agricultura (FAO, 2021) el cultivo de plátano y la producción del mismo ha tenido un incremento considerable en el área total establecida y cosechada con esta planta y en el rendimiento de la fruta producida en los últimos 20 años, siendo el crecimiento más alto entre los años 2009 al 2014 donde el incremento superó el 30% de la superficie sembrada y producción anual en todo el mundo.

Las últimas estadísticas a nivel global reportan que en el 2019 existían 5 714 718 hectáreas en edad de cosecha del plátano, con una producción de 41 580 022 toneladas de frutas, destinadas a la exportación y al consumo interno de cada país, el rendimiento promedio por ha equivale a las 7,27 t ha⁻¹ a nivel mundial; Uganda se proyecta como la región de mayor producción de esta fruta seguido de Filipinas y Colombia.

En Ecuador durante el año 2020 se reportaron un total de 127 895 ha cosechadas, en las que se alcanzó una producción de 722 298 t a nivel nacional, obteniendo una productividad de 5,65 t ha⁻¹ en promedio; los datos reportados por Instituto Nacional de Estadística y Censo (INEC, 2020) muestran que la provincia de Manabí se posesiona como la de mayor superficie cultivada con más de 57 mil ha y una producción anual de 138 mil t, equivalentes al 38% de la producción nacional.

Los países de principal producción y consumo de plátano a nivel mundial son los que se encuentran en vía de desarrollo, de todo esto apenas el 1% de la producción se destina a la exportación a Estados Unidos y países de la Unión Europea, donde el consumo de plátano fresco es muy requerido; esta musácea aporta a la satisfacción mundial de alimento, además de que genera ingresos económicos a las localidades y también aporta a la generación de plazas de empleo a la sociedad rural (Tumbaco *et al.*, 2015).

1.1.2 Generalidades del cultivo

El plátano se lo reconoce también con los nombres de “plátano macho, verde o plátano para cocina” pertenece a la familia de las *Musaceas*, al género *Musa*, la variedad barraganete a

diferencia de otras variedades y cultivares, es una de las más grande y de menor sabor dulce, la fruta cuenta con grandes cantidades de carbohidratos, y minerales como el potasio y magnesio, mantiene bajos niveles de sodio, sin embargo, no es posible consumirla en crudo por lo que debe necesariamente consumirlo cocido (Martínez, Cayón y Ligarreto, 2016).

El plátano tiene su origen en el continente asiático, de la parte sudeste más específicamente de la costa india donde se presume la aparición del genoma *Balbisiana* y en Malasia y Tailandia donde surge el genoma *Acuminata*, no fue hasta alrededor de los años 1500 que los europeos trasladaron las primeras semillas de este cultivo hasta el continente americano y las Antillas, en donde se distribuyó desde la parte central a América del Sur teniendo una acogida considerable y convertirse en una de las plantas más importantes del sector agrícola (Mejía, 2018).

La planta del plátano está clasificada como tipo herbácea con un tamaño considerable, dispone de un pseudotallo por estar conformado por las vainas de las hojas dispuesta juntas dando solidez a la planta, el tallo verdadero de las musáceas es un órgano que se encuentra por debajo de la superficie terrestre denominado cormo o rizoma, la altura de la planta puede alcanzar los 3 hasta los 5 metros, las raíces crecen de manera superficial entre los 15 a 40 cm tienen una coloración blanca en las primeras etapas de desarrollo (MAG, 2021).

1.2 Sigatoka negra (*Mycosphaerella fijiensis*)

La sigatoka está considerada entre las enfermedades más perjudiciales de las plantas pertenecientes al género *Musa*, afecta principalmente las hojas del cultivo de plátano de manera agresiva y más rápido que la sigatoka amarilla (*Mycosphaerella musicola*); la principal característica son las manchas y rayas en la parte inferior de las láminas foliares, lo que provocan un acelerado secamiento y posterior muerte de la hoja, este problema se ha reportado en la mayoría de las regiones y zonas plataneras del país y mundo entero, generando pérdidas de fruta limitando los ingresos económicos a los agricultores (Alarcón y Jimenez, 2012).

Según Navarrete (2017) la *Mycosphaerella fijiensis* se posesiona como una de las enfermedades de mayor afectación en el cultivo de plátano debido a su característica de transmisión, considerada la de mayor virulencia, por su capacidad de esporulación del agente causal que lo produce, misma que mantiene ciclos cortos de reproducción y una alta severidad sobre las láminas foliares de las hojas; el causante de la sigatoka negra pertenece al reino fungi, a la clase Ascomycetes a la familia de la Dophideaceae, por lo que está catalogada como un hongo.

El primer nombre con el que fue identificada esta enfermedad fue el de “raya negra” en las islas del pacífico, el cambio de nombre y como se la reconoce hoy en día sucedió cuando la

enfermedad se extendió en las plataneras de Centroamérica en el año de 1972, mismo año en la que pareció en Honduras en las fincas Timbre y Victoria, sin embargo, la primera identificación de la sigatoka como enfermedad potencial ocurrió alrededor del año 1963 en Fiji, isla situado en el sur del océano pacífico (Benavides, 2019).

1.3 Reproducción de la sigatoka negra

La reproducción de este hongo se produce de dos formas: la primera ocurre de manera sexual, en la que el agente forma una estructura conocida como pseudotecio globoso, el cual presenta una coloración marrón oscuro con tamaño de hasta 85 micras de diámetro, al interior de estas se localizan las ascas y butinicas con 8 ascosporas de forma hialinas, fusiformes, bicelulares, uniseptadas y poco constrenidas; la forma asexual ocurre cuando la enfermedad se aclopa con células de tipo irregular, conocidas como estromas, estas tienen un color marrón; el producto de esto es la formación de hasta 8 conidióforos en fascículos cilíndricos justo alrededor donde se observan las manchas en la hoja, al final se forman de entre 4 a 5 septas (Navarrete, 2017).

La propagación del hongo causante de la sigatoka negra se produce a través de las corrientes de agua, o el paso del viento en el medio de los cultivos; de esta manera la enfermedad se propaga entre plantaciones que se encuentran a larga distancia, otras formas de transmisión son el uso de herramientas o materiales de trabajo infectados por las esporas, la aplicación de riego por aspersión o la fumigación contra plagas o de fertilización suelen ser otros mecanismos de contagios eficientes de esta enfermedad (Guzmán y Paladines, 2021).

1.3.1 Ciclo de vida

Por el tipo de desarrollo del hongo, la sigatoka negra es considerado una enfermedad de tipo policíclica, es decir, el agente causal tiene la facultad de reproducirse de manera repetida mientras la enfermedad se propaga, lo que provoca una continua infección, dispersión, colonización y esporulación (Castillo y Zurita, 2020); sin un manejo adecuado de la enfermedad en el cultivo de plátano y considerando las condiciones ambientales idóneas donde las precipitaciones anuales llegan a 1400 mm, temperaturas de 23 a 28°C y humedad relativa por encima del 80%, estos factores se vuelven favorables para la reproducción constante del hongo (Álvarez *et al.*, 2013).

El proceso infeccioso de la *Mycosphaerella fijiensis* comienza con el contacto de las esporas a las láminas foliares, la germinación o ingreso del inóculo se produce en condiciones idóneas del ambiente, es decir, humedad relativa que supera llegue a los 90% hasta 100%, la temperatura promedio debe estar entre los 26 a 28°C, en especial, debe haber agua sobre las hojas de las

plantas; el desarrollo de las esporas en el cultivo se produce en el transcurso de entre 2 hasta 6 horas creando una especie de tubos germinativos que logran difundirse localizando los estomas, la penetración de la infección se tarda de 2 a 3 días considerando los factores adecuados (Sánchez *et al.*, 2021).

La esporas provenientes de la reproducción sexual o denominadas ascasporas crecen en la parte interna de los cuerpos fructíferos, reconocidos también como ascócarpos, los cuales se desprenden de las lesiones en los estadios de 5 y 6, por otro lado los denominados conidios o esporas producidas en la reproducción asexual se generan en los conidióforos, estos se sueltan de los estadios 2 y 5 creando cantidades considerables en la parte interna de la hoja, es decir en el envés, dando lugar a la mancha característica de la sigatoka en el plátano y banano (Navarrete, 2017).

1.4 Manejo de la sigatoka negra

El manejo de la enfermedad consiste en el control de la propagación de la enfermedad y la prevención de infección a otras plantas o sectores del cultivo establecido, la alternativa más utilizada e implementada a nivel de campo es el control cultural enfocado a disminuir las hojas infectadas y controlar el avance de la sigatoka mediante la alteración del ecosistema del hongo limitando su reproducción y disminuyendo los futuros contagios provocando la muerte del agente causal antes de que afecte toda la plantación (Orozco *et al.*, 2013).

Las prácticas recomendadas para este control son las labores de control de maleza, drenaje de aguas estancadas, fertilización oportuna, distribución y control poblacional de plantas, sin embargo, las más indispensables son el deshoje fitosanitario, el cual consiste en eliminar las hojas necrosadas o parte de las hojas con manchas, es decir, la punta u otras secciones afectadas por el hongo, esta actividad debe realizarse periódicamente cada semana hasta disminuir en gran medida el problema presentado (Alarcón y Jimenez, 2012).

Otra opción para implementar en el control de la sigatoka es el uso intensivo de fungicidas o productos químicos para una mayor eficiencia en la erradicación de la *Mycosphaerella fijiensis*, esta herramienta se ha vuelto indispensable para el aseguramiento de la productividad del cultivo, ya que las enfermedades presentan diferentes modos de acción que se vuelve difícil de controlar mediante prácticas culturales, lo que implican la utilización de compuestos químicos que ayuden al control de esta plaga, sin embargo, se debe tener cuidado a la resistencia que generan los patógenos a los productos utilizados (Benavides, 2019).

El control químico de plagas y enfermedades sugiere la implementación de técnicas preventiva de la resistencia de los patógenos a los fungicidas y dosis utilizadas, por tal razón se recomienda la supervisión de profesionales y la rotación de los ingredientes utilizados en las mezclas, con la finalidad de contrarrestar la resistencia que puedan adquirir los hongos y demás plagas a los químicos utilizados (Alarcón y Jimenez, 2012).

1.4.1 Silicio

El silicio ayuda a fortalecer a la planta para afrontar problemas como la sequía y el ataque de hongos, bacterias e insectos, y coadyuva a la fijación y asimilación de nitrógeno y fósforo. Esto se traduce en aumentos productivos. La nutrición con silicio al cultivo refuerza en la planta su capacidad de almacenamiento y distribución de carbohidratos requeridos para el crecimiento y producción de cosecha y la autoprotección contra enfermedades causadas por hongos y bacterias. Además permite afrontar el ataque de insectos y ácaros y las condiciones desfavorables de clima, al estimular el desarrollo y actividad de estructuras poliméricas en la cutícula, los tricomas y fitolitos en la superficie de las hojas (H, 2011).

Como alternativa al uso frecuente de repetidos fungicidas y mezclas de químicos se sugiere la aplicación de silicio al cultivo, este se encuentra naturalmente en la corteza terrestre, ocupando el segundo lugar con mayor contenido en la tierra, aunque solo puede ser tomado por las plantas como ácido mono silícico, positivamente en cultivos como las gramíneas suele estar presente en cantidades considerables, sin embargo, la concentración de este en otros tipos de plantas se ve reducido a un 0,5% en los tejidos vegetales (Sotelo, 2016).

Entre las funciones de este elemento encontramos que ayuda en gran medida en momentos de estrés de las plantas, incrementa la tolerancia de los cultivos en tiempos de sequías y disminuye la defoliación temprana de algunas plantaciones que no cuentan con los recursos hídricos necesarios, además ayuda a la tolerancia contra la toxicidad de otros nutrientes o metales como el hierro, aluminio, manganeso, cobre o zinc; otro de los aportes comprobados del silicio a las plantas es la resistencia del tallo que se incrementa bajo el uso de este nutriente (Castellanos, de Mello y Silva, 2015).

CAPÍTULO II

2 DIAGNÓSTICO O ESTUDIO DE CAMPO

2.1 Ubicación del ensayo.

El trabajo experimental se realizó en la finca “Natividad”, utilizando la variedad de plátano *Musa* AAB, la finca se encuentra localizada en el cantón El Carmen, provincia de Manabí, en el km 7 de la vía Sumita Pita a margen izquierdo con una altitud de 275 msnm, ubicado en las coordenadas geográficas: $-0^{\circ} 12' 50,706''$ S Latitud y $-79^{\circ} 26' 40,974''$ W Longitud.

2.2 Características agroecológicas de la zona.

Tabla 1. Características meteorológicas presentadas en el ensayo.

Características	El Carmen
Temperatura (°C)	24
Humedad Relativa (%)	86
Heliofanía (Horas luz año ⁻¹)	1 026,2
Precipitación media anual (mm)	2 806
Altitud (msnm)	275

Fuente: Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología (INAMHI, 2018).

2.3 Variables en estudio

2.3.1 Variables independientes

Niveles de silicio biodisponible

- Silicio biodisponible 0,5 kg ha⁻¹
- Silicio biodisponible 1,0 kg ha⁻¹
- Silicio biodisponible 1,5 kg ha⁻¹

2.3.2 Variables dependientes

Número de hojas a la floración. – Se contabilizaron las hojas emitidas por las plantas de plátano hasta el momento de la emisión de la bellota, para identificar las hojas se utilizó una cinta plástica de color para reconocer las hojas contabilizadas.

Emisión foliar. – Se calculó el número de hojas que emitieron las plantas por semana, para ello se dividió el número de hojas totales hasta la floración, dividida para el número de semanas que tardó la planta hasta la emisión de la bellota.

Peso del racimo. – Se efectuó el peso con una balanza colgante, se les tomó el peso en gramos, se obtuvo el promedio y se multiplicó para el número promedio por racimo contabilizados.

Días a la cosecha. – Se contabilizaron los días que tardó la planta hasta que el racimo cumpliera las características necesarias para la cosecha de la fruta.

Porcentaje de incidencia. – Mediante la escala de Stover se determinó el grado o nivel de incidencia de la sigatoka negra en las hojas del plátano.

Número de racimos/caja. – Se calculó el ratio del cultivo, considerando el número de racimos necesarios para completar una caja de tipo A para exportación.

2.4 Característica de las Unidades Experimentales

Tabla 2. Descripción de la unidad experimental.

Características de las unidades experimentales	
Superficie del ensayo	3000 m ²
Número de parcelas	20
Plantas por parcela	52 plantas
Plantas para evaluar	5 plantas
Población del ensayo	832 plantas

2.5 Tratamientos

Tabla 3. Disposición de los tratamientos.

Tratamientos	Codificación	Descripción
1	t1d1	T1= Spiroxamina 0,4 L ha ⁻¹ + Adeherente + Difeconazol 0,4 L ha ⁻¹ + Tridemorph 0,5 L ha ⁻¹ + Pyremethanil 0,5 L ha ⁻¹ + Polyran 1,5 L ha ⁻¹ – Dispersante 0,025 L ha ⁻¹ + Silicio biodisponible 0,5 kg ha ⁻¹ .
2	t2d2	T2= Spiroxamina 0,4 L ha ⁻¹ + Adeherente + Difeconazol 0,4 L ha ⁻¹ + Tridemorph 0,5 L ha ⁻¹ + Pyremethanil 0,5 L ha ⁻¹ + Polyran 1,5 L ha ⁻¹ – Dispersante 0,025 L ha ⁻¹ + Silicio biodisponible 1,0 kg ha ⁻¹ .
3	t3d3	T3= Spiroxamina 0,4 L ha ⁻¹ + Adeherente + Difeconazol 0,4 L ha ⁻¹ + Tridemorph 0,5 L ha ⁻¹ + Pyremethanil 0,5 L ha ⁻¹ + Polyran 1,5 L ha ⁻¹ – Dispersante 0,025 L ha ⁻¹ + Silicio biodisponible 1,5 kg ha ⁻¹ .
4	Testigo	T4= Deshojes y cirugías.

2.6 Diseño experimental

Para la ejecución en campo de la investigación, se estableció un diseño de bloques completamente al azar (DBCA) con cuatro tratamientos (niveles de silicio biodisponible) y cuatro repeticiones, los datos obtenidos fueron analizadas mediante el software estadístico InfoStat, las medias obtenidas de los tratamientos se compararon con la prueba de tukey al 5% de probabilidad.

Tabla 4. Esquema del ADEVA

F.V.		gL
Total	$(t * r) - 1$	15
Tratamiento	$t - 1$	3
Repetición	$r - 1$	3
Error Experimental	$(t - 1) (r - 1)$	9

2.7 Materiales e instrumentos

2.7.1 Equipos de campo

- Malayo
- Bombas de aspersión
- Machete
- Cinta métrica
- Baldes
- Algas marinas (silicio biodisponible)
- Fungicidas sintéticos
- Abonos foliares

2.7.2 Materiales de oficina

- Computadora
- Lapicero
- Marcador
- Cuaderno

2.8 Manejo del Ensayo

2.8.1 Selección de parcela

Se realizó la selección de las unidades experimentales con cuatros tratamientos, en cada unidad experimental existió 52 plantas, con un promedio total de 208 plantas.

2.8.2 Medidas de las parcelas

Las unidades experimentales tuvieron las siguientes medidas: un ancho de 11 m x 25 m de largo, un distanciamiento por plantas de 2 m x 3 m.

2.8.3 Parámetros de control

Se realizó un control cada 15 días para ver la emisión foliar, durante los meses que se llevó a cabo el trabajo de investigación.

CAPÍTULO III

3 RESULTADOS Y DISCUSION

De los tratamientos aplicados en la investigación se obtuvieron los siguientes resultados:

3.1 Peso de racimo

El análisis de los resultados en cuanto a la producción del cultivo determinó que existen diferencias significativas ($p < 0,05$) entre la media de los pesos de racimo del plátano barraganete obtenidos bajo los tratamientos aplicados, las dosis de silicio suministrada influyen en los parámetros productivos del cultivo, afectando el peso final de los dedos y por consiguiente el racimo, el coeficiente de variación alcanzado para esta variable fue del 26,70%.

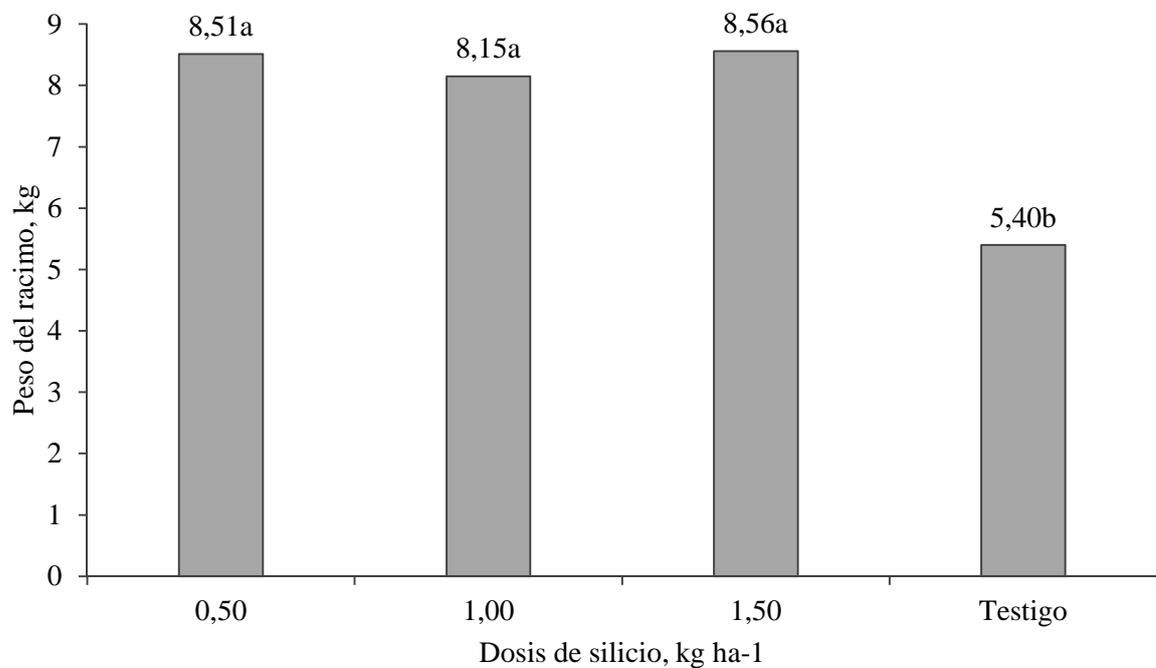


Figura 1. Aplicación de diferentes niveles de silicio en el cultivo de plátano barraganete sobre el rendimiento productivo del racimo.

La prueba comparativa de medias de Tukey (figura 1) categorizó a todas las dosis de silicio dentro del mismo rango como el de mayor promedio en el peso del racimo y al tratamiento testigo como el de menor rendimiento, los resultados obtenidos en los tratamientos con silicio sobrepasan los 8,00 kg de peso mientras que el tratamiento testigo alcanzó un peso promedio de 5,04 kg por racimo.

El efecto del silicio según la investigación de Londoño (2015) en las plantaciones de musáceas este no influye directamente sobre los parámetros productivos y de calidad del racimo del cultivo de plátano barraganete, sin embargo, su efecto positivo dentro de la agronomía es el mejoramiento de las características o propiedades químicas del suelo, específicamente en el incremento de los niveles de pH y la reducción de la disponibilidad de elementos considerados como metales pesados y tóxicos para la planta, además de la reducción de plagas y enfermedades como la sigatoka negra.

La acción benéfica del elemento silicio sobre las propiedades nutrimentales del suelo agrícola es que mejoran la disponibilidad de otros elementos de vital importancia, equilibrando el contenido de los macro y micronutrientes, especialmente cuando existen programas de fertilización adecuada, los mismo que incrementan la capacidad productiva de las plantas, aumentando el peso del racimo y fortaleciendo los tejidos de las plantas, interviniendo en la calidad de los dedos de exportación y disminuyendo la cantidad de rechazos (Villada y Tobón, 2016).

3.2 Racimos por caja

En esta variable las respuestas encontradas determinaron que no existen diferencias estadísticas ($p < 0,05$) entre los promedios de los tratamientos, esto indica que las aplicaciones de silicio en las distintas dosis en el cultivo de plátano barraganete no inciden sobre la cantidad de racimos que se necesitan para completar una caja de exportación de 50 lb (22,68 kg), este parámetro está ligado directamente al número de dedos por racimo y al peso de los mismos, el coeficiente de variación para este parámetro fue de 27,14%.

Tabla 5. Número de racimos de plátano barraganete por caja bajo la aplicación de diferentes dosis de silicio.

Dosis de silicio kg ha ⁻¹	Racimos por caja
0,5	3,13 ^a
1,0	2,83 ^a
1,5	2,76 ^a
Testigo	4,26 ^a

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

Los resultados encontrados en esta variable (tabla 5) muestran que los tratamientos bajo la aplicación de silicio alcanzaron racimos por caja de 2,90 en promedio mientras que el testigo llegó a un valor de 4,26 racimos por caja, en general el promedio total entre todos los tratamientos incluido el testigo y los tratamientos con silicio llegó a 3,25 racimos por caja; este parámetro se determina mediante el peso del racimo y el contenido de las cajas de exportación.

La respuesta positiva del silicio sobre el suelo y el mejoramiento de sus características químicas y nutricionales explicadas por Londoño (2015) no solo se expresan en la limitación de los metales pesados sino también que permiten a otros macronutrientes como el nitrógeno y potasio tener mayor disponibilidad para las raíces de las plantas, lo que ayudará al incremento del peso del racimo y a la cantidad que de estos se requieren para completar una caja de exportación (Furcal y Barquero, 2014).

Sin embargo, Triana (2018) menciona que la importancia del silicio no solo radica en los beneficios de las características químicas del suelo, ya que en otras investigaciones enfocadas a otras plantaciones como las cucurbitáceas, la cebada, el arroz, el trigo y la caña de azúcar se ha comprobado que incrementa el rendimiento de fruta de las plantas, incluso en el cultivo de banano los trabajos experimentales determinaron que este nutriente afecta significativamente en los parámetros productivos de los racimos.

El efecto del silicio sobre los cultivos indican que es un elemento de vital importancia para desarrollo normal de las plantas, esto porque al ser absorbido llega a moverse y depositarse en distintas partes de los vegetales, este nutriente actúa en distintos procesos fisiológicos que le aportan a las plantas mayor soporte contra estrés bióticos, incidencia de plagas y enfermedades, deficiencias hídricas, disminución considerable de la temperatura, deficiencia de otros nutrientes y a la toxicidad por metales pesados (Silva, 2020).

3.3 Número de hojas a la floración

En la respuesta del número de hojas a la floración el análisis de la varianza determinó que existen diferencias significativas ($p < 0,05$) entre los promedios obtenidos de los tratamientos aplicados en la investigación; el uso del silicio y los niveles suministrados en el cultivo de plátano barraganete influyen en la cantidad de hojas funcionales con las que llegan las plantas a la emisión de la bellota, el coeficiente de variación de esta variable llegó a los 6,55%.

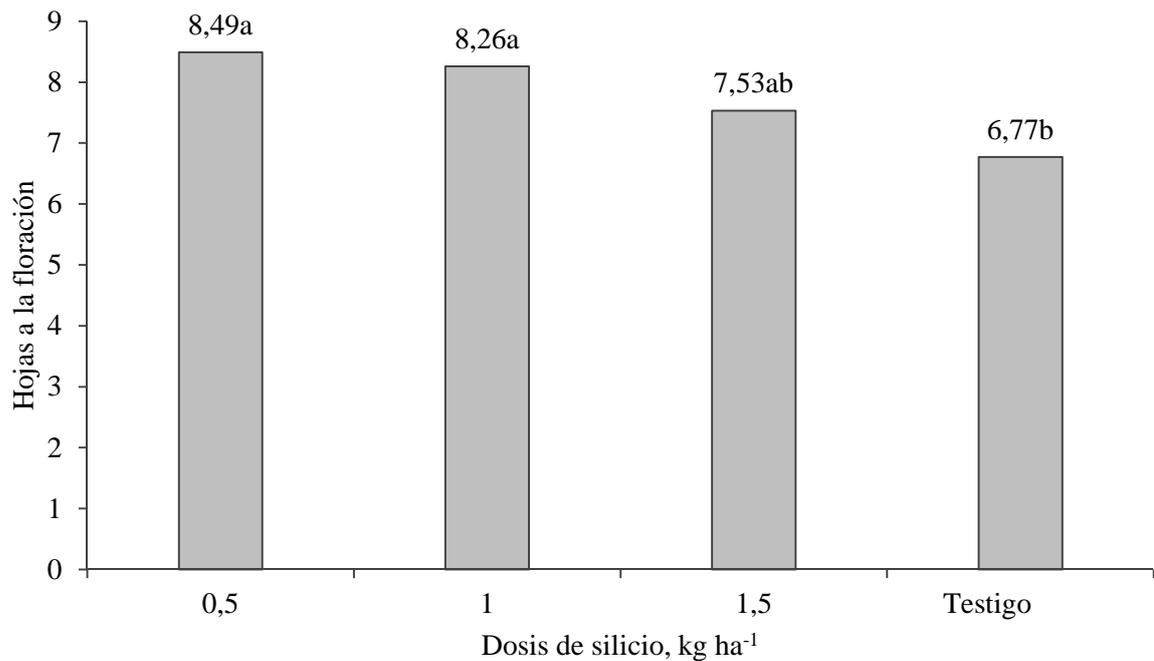


Figura 2. Aplicación de diferentes dosis de silicio sobre el número de hojas a la floración del plátano barraganete.

En la figura 2 se pueden observar las medias de los distintos tratamientos en las que se determina que las dosis de 0,5 kg ha⁻¹ y 1 kg ha⁻¹ mantienen el mayor número de hojas funcionales a la floración del cultivo con una cantidad de 8,49 y 8,26 hojas en promedio respectivamente, por otro lado, el testigo fue el tratamiento con menor cantidad de hojas al momento de la emisión de la bellota con un promedio de 6,77 hojas; para el nivel más elevado de silicio (1,5 kg ha⁻¹) la cantidad de hojas disminuyó a diferencia de las dosis media y baja.

Las hojas del plátano al igual que todas las hojas de los cultivos cumplen una de las funciones más importantes para el desarrollo y crecimiento de las plantas, desde esta parte se realiza la fotosíntesis encargada de procesar los fotones que llegan de la luz solar, además de que intervienen en algunos procesos metabólicos que influyen en la movilidad y disponibilidad de nutrientes y agua absorbidos por las plantas a través de las raíces (Rivera, 2016); para los exportadores este parámetro es importante ya que también es un indicador de la calidad que tendrá el racimo de plátano (Tumbaco *et al.*, 2015).

La producción de hojas en el cultivo de plátano es constante y en condiciones normales cumplen su ciclo de funcionamiento de manera normal, sin embargo, las plagas y enfermedades son el factor principal de afectación, especialmente la sigatoka negra *Mycosphaerella fijiensis*, que producen la senescencia de las hojas de manera acelerada lo que disminuye la cantidad de las

mismas en las plantas, desaprovechando su vida útil y reduciendo la capacidad fotosintética de las musáceas (Barrera, Cardona y Cayon, 2011).

En la investigación de Londoño (2015) se menciona que entre las ventajas del silicio se encuentra la protección de las plantas contra el ataque de plagas y enfermedades, especialmente contra la incidencia de la sigatoka negra, en la que los resultados obtenidos permitieron concluir que los niveles altos de silicio aplicados en el cultivo de banano ayudaron de manera efectiva a controlar el ataque de la *Mycosphaerella fijiensis* y otros nemátodos parasitarios que afectan a las musáceas.

3.4 Días a la cosecha

Para el tiempo que tarda el cultivo desde la siembra hasta la cosecha, el análisis de la varianza determinó que existe diferencias significativas ($p < 0,05$) entre los promedios de los niveles de silicio y el testigo en el cultivo de plátano barraganete, esto determina que la aplicación de este nutriente tiene efectos en el tiempo del cultivo para completar su ciclo productivo desde la siembra, el coeficiente de variación alcanzado para esta variable fue de 2,61%.

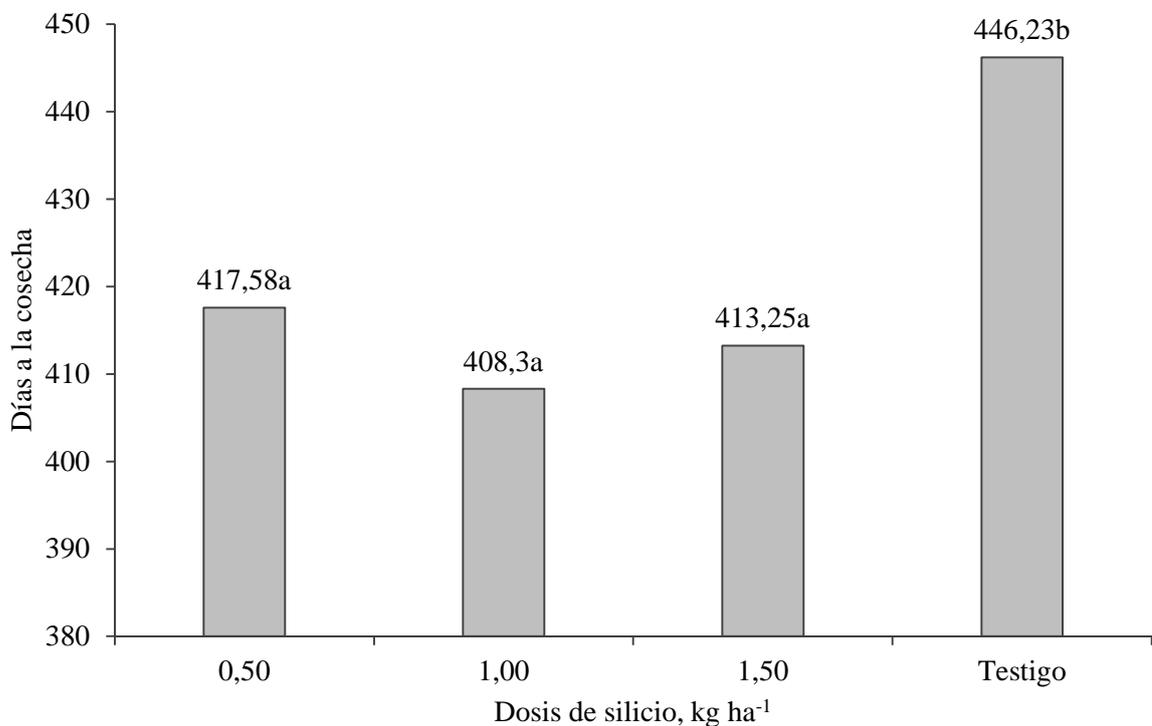


Figura 3. Aplicación de diferentes dosis de silicio sobre el número de días a la cosecha del plátano barraganete.

Los resultados expuestos en la figura 3 muestran que los tratamientos sometidos a las dosis de silicio presentaron en promedio los valores más bajos de días desde la siembra hasta la cosecha,

en promedio las plantas con estos tratamientos tardaron 413,04 días para ser exportables, mientras que el testigo requirió un total de 446,23 días en promedio para que el racimo pueda ser cosechado, en la investigación de Furcal y Barquero (2014) en el que evaluó la influencia de los nutrientes sobre las características productivas del plátano encontró que los niveles y el uso de fertilizantes incrementan el peso del racimo y disminuyen el tiempo de desarrollo frutal.

En el trabajo experimental de Cobeña (2015) en el cultivo de plátano bajo la aplicación de niveles de nitrógeno en distintas fracciones encontró que estas influyen sobre el tiempo del cultivo hasta llegar a la floración, en dosis medias y fraccionamientos más altos, los racimos de plátano disminuyen el tiempo en días que necesitan para el momento de la floración, suprimiendo hasta 40 días en comparación con el testigo.

3.5 Emisión foliar

Con relación a la emisión foliar del cultivo de plátano barraganete bajo la influencia de los niveles de fertilización con silicio (figura 4), la respuesta más alta en este parámetro se registró con la dosis media de 1 kg ha⁻¹ de silicio, alcanzando una tasa de emisión de 0,72 hojas seguido con valores similares entre sí por las dosis de 1,5 kg ha⁻¹ y 0,5 kg ha⁻¹ de silicio que obtuvieron cantidades de emisión foliar de 0,69 y 0,68 hoja respectivamente, en cuanto al testigo la tasa se calculó en 0,60 hojas siendo el más bajos entre los tratamientos.

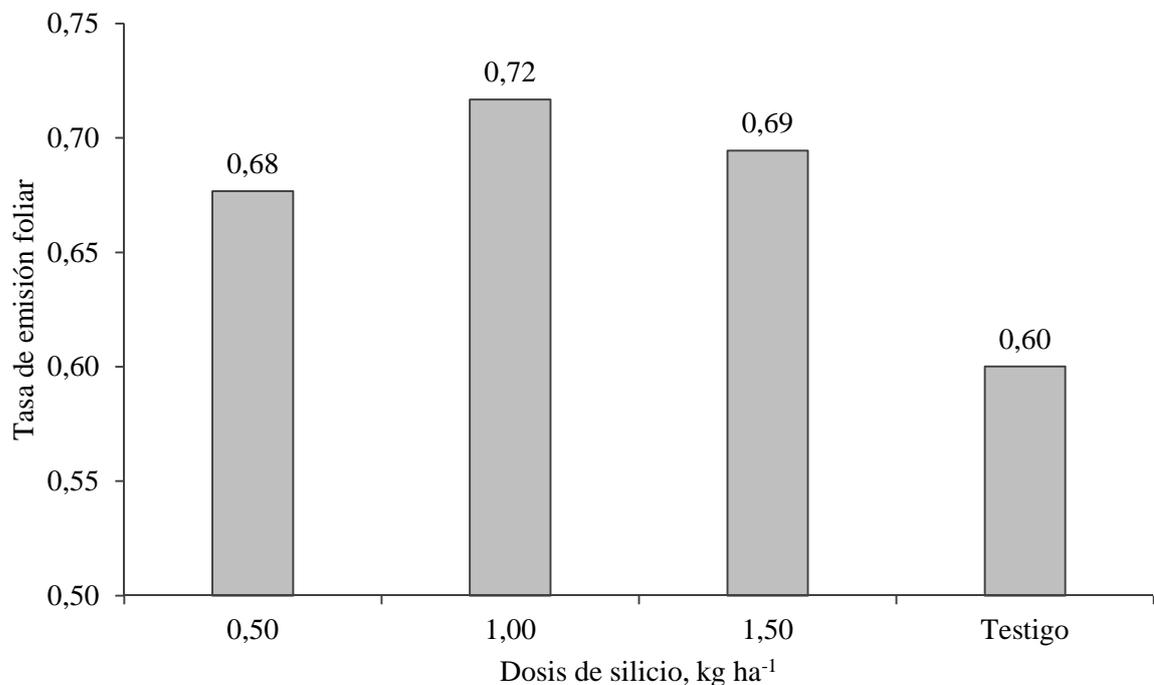


Figura 4. Emisión foliar del cultivo de plátano barraganete *Musa AAB* bajo la fertilización con niveles de silicio.

La influencia de los niveles de silicio sobre los parámetros foliares del cultivo de plátano según Londoño (2015) se debe al efecto de esta en los beneficios fitosanitarios que brinda a las plantas, especialmente en la reducción de la sigatoka negra, en el cual se considera al silicio como un nutriente importante para el manejo integrado de esta fitopatología en el cultivo, en investigaciones sobre la producción foliar se determinó que este nutriente mantiene valores más altos de hojas funcionales a la cosecha, llegando a valores de 10,86%.

3.6 Incidencia de sigatoka negra *Mycosphaerella fijiensis*

Según la escala de Stover modificada por Gauhl en 1989 (Rodríguez y Cayón, 2008) los niveles de incidencia o severidad de la sigatoka negra se miden en un rango de 7 escalas, comenzando desde 0 (ninguna incidencia) hasta el número 6 (> 50% de hoja afectada); los resultados en las investigación se evaluaron de acuerdo al número de hojas para medir el efecto del silicio durante 6 semanas después de la aplicación, mediante la observación se calificó la incidencia de la sigatoka a la hoja posecionada en el segundo puesto de la planta.

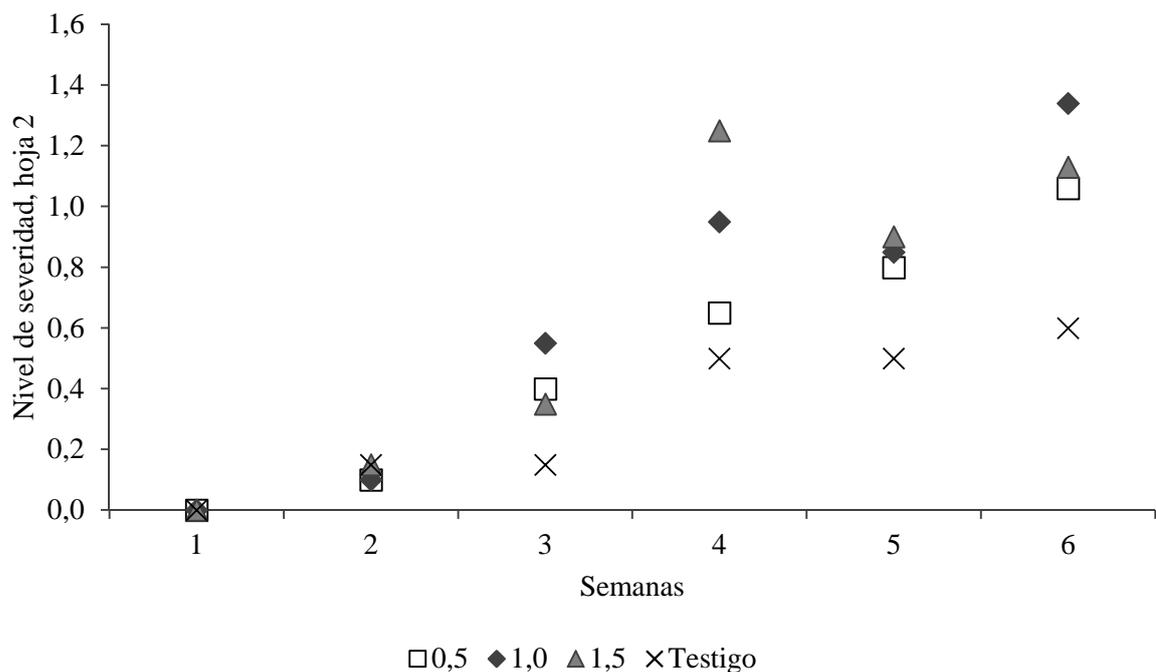


Figura 5. Nivel de severidad de la sigatoka negra en la hoja 2 del plátano barraganete con aplicaciones de silicio.

En la figura 5 se observan los niveles de incidencia de sigatoka negra en la hoja 2 del cultivo durante 6 semanas después de la aplicación de silicio, en la primera toma de datos no se registraron residuos o rastro de ataque de la enfermedad en la hoja, sin embargo a partir de la semana 3 se denotan algunas hojas con rangos mínimos de severidad hasta la semana 4 donde

el tratamiento con 1 y 1,5 kg ha⁻¹ muestran alcanzar el primer nivel de la escala (< 1% del área foliar afectada), para la última semana el nivel de severidad se mantiene siendo los mismos tratamientos mencionados anteriormente los más afectados en este número de hoja.

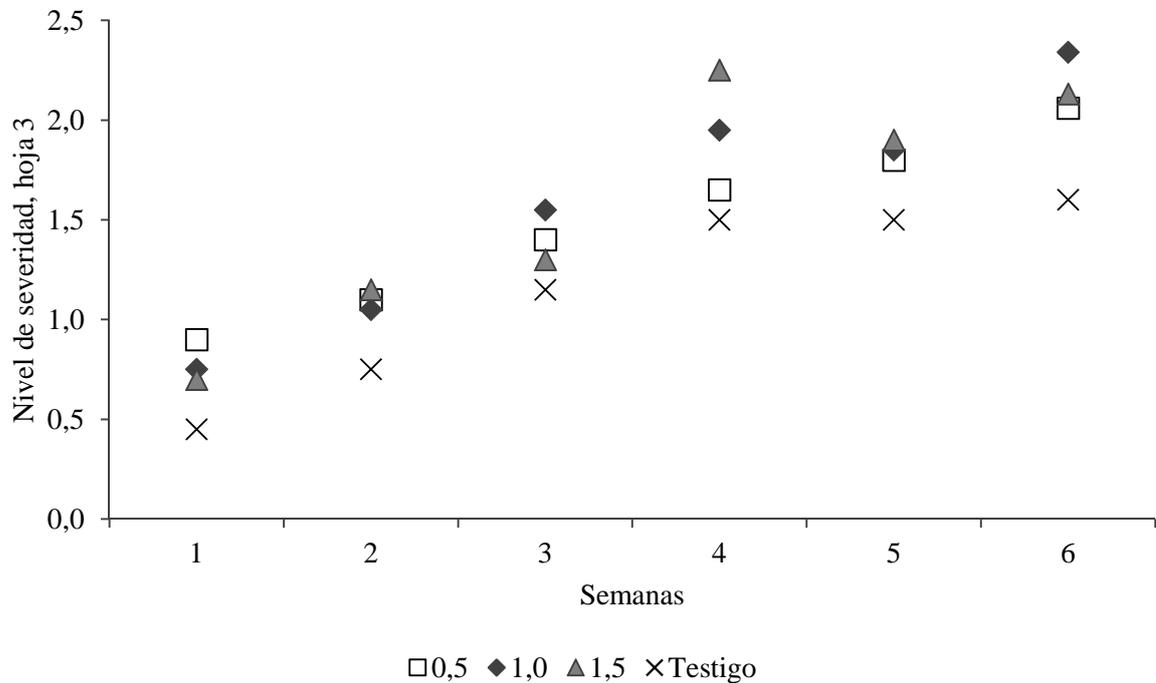


Figura 6. Nivel de severidad de la sigatoka negra en la hoja 3 del plátano barraganete con aplicaciones de silicio.

En el registro de la hoja 3 (figura 6) durante la primera semana los tratamientos tuvieron en promedio rangos de 0,5 a 1 de severidad de sigatoka negra según la escala de Stover, para la semana 4 los tratamientos 2 y 3 (1 y 1,5 kg ha⁻¹ de silicio) alcanzan el nivel 2 (1–5% de área foliar afectada) de severidad en la hoja y reportan la misma incidencia hasta la última semana de evaluación; el testigo mantiene los niveles promedios más alto en cuanto al ataque de la sigatoka en la hoja.

La incidencia de la sigatoka negra en el cultivo de plátano es más fuerte en las hojas posicionadas en los niveles más bajo de la planta, esto se debe al mecanismo de infección del patógeno, el cual contamina mediante la difuminación de las esporas transportadas a travez del viento, llegando a las láminas foliares al alcance y contimando una nueva planta, acorde avance el tiempo el nivel de infectación incrementa hasta contaminar todo el área foliar hasta terminar con la funcionalidad y muerte de la hoja del plátano (Orozco *et al.*, 2013).

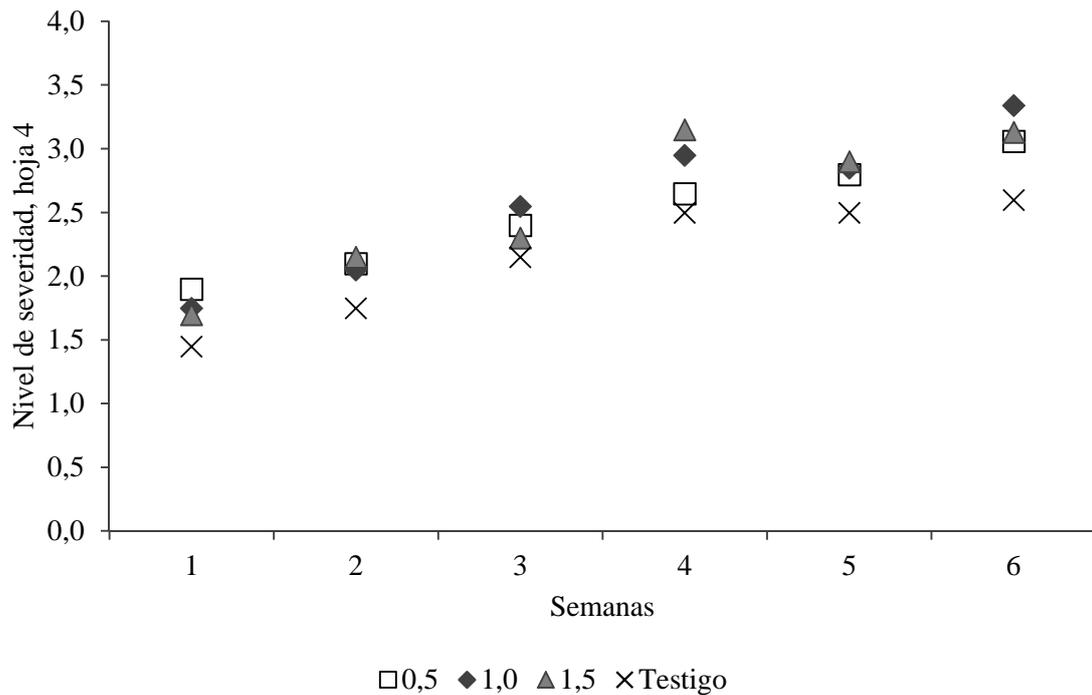


Figura 7. Nivel de severidad de la sigatoka negra en la hoja 4 del plátano barraganete con aplicaciones de silicio.

En la hoja 4 (figura 7) los niveles de infestación de la sigatoka negra empiezan entre el 1,5 y 2 en promedios según la escala de severidad, al pasar las semanas todos los tratamientos aplicados al cultivo de plátano barraganete mantienen un incremento gradual de los niveles de afectación hasta llegar al rango de 2,5 a 3 (6-15% del área foliar afectada); en la última semana el testigo se mantiene como el tratamiento de menor grado de incidencia con un nivel de 2,5 mientras que los tratamientos con silicio superan el nivel 3 de la escala.

Para la última hoja de plátano evaluada los resultados expuestos en la figura 8 muestran que los cuatro tratamientos aplicados mantienen un mismo incremento gradual en la incidencia de la sigatoka negra en el plátano barraganete; en la primera semana todos las dosis de silicio y el testigo se mantienen en un rango den entre 2,5 a 3 en la escala, mientras que para la última semana los tratamientos cuya plantaciones se les suministró silicio llegaron al nivel 4 (16-33% de área foliar afectada) de severidad, por su parte, el testigo se mantuvo en el rango más alto comprendido para esta hoja de 3,5 en la escala de Stover.

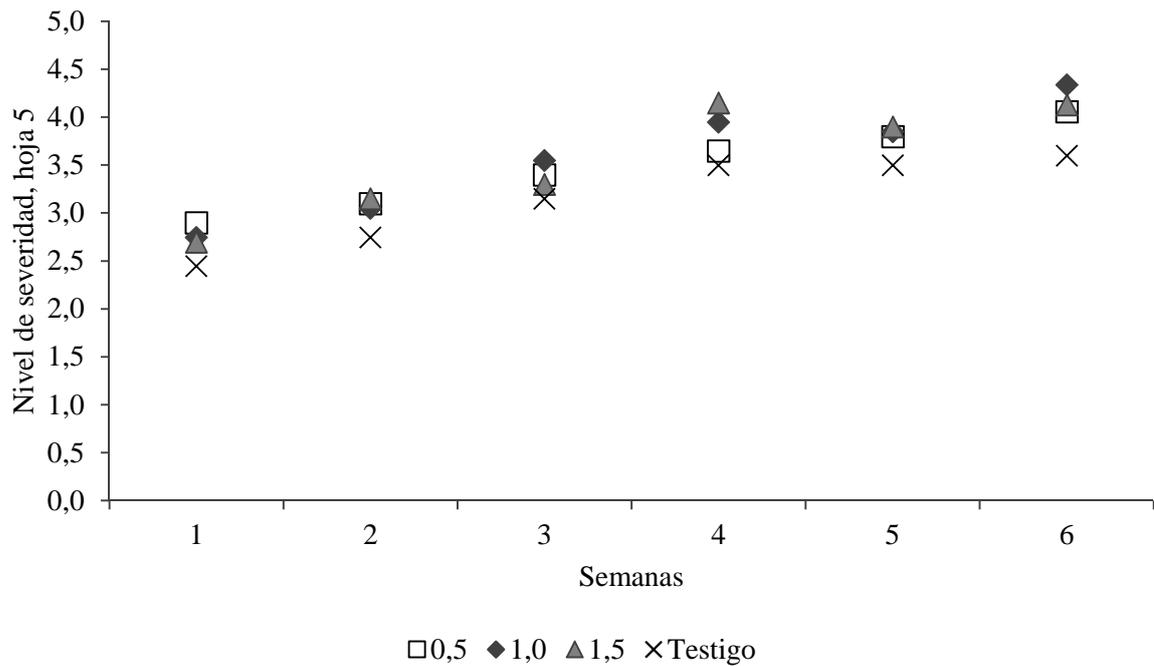


Figura 8. Nivel de severidad de la sigatoka negra en la hoja 5 del plátano barraganete con aplicaciones de silicio.

Las recomendaciones técnicas en cuanto al manejo integrado de la sigatoka negra implican el control cultural del cultivo, actividades como la eliminación de maleza y en especial el deshoje fitosanitario, que involucra la eliminación total de hojas con niveles altos de necrosis o la eliminación parcial de las áreas foliares infestadas, el objetivo principal de estas labores es la disminución de la probabilidad de difuminación de las esporas mediante el viento, es decir, como medida preventiva estas hojas con alto grado de contaminación deben eliminarse del cultivo totalmente (Navarrete, 2017).

3.7 Relación Beneficio/costo

Los costos variables se calcularon en base a los productos utilizados para el total del área ocupada en cada tratamiento, incluido las algas diatomeas como fuente de fertilización de silicio biodisponible para el cultivo; los ingresos se tomaron de la producción total de todas las plantas utilizadas en cada tratamiento y el valor de venta oficial de la caja de exportación estipulada por el ministerio de agricultura y ganadería, \$7,30 por una caja de 50 libras tipo A.

Los resultados en cuanto los costos (tabla 6) considerando el área total de cada tratamiento no supera los \$39,00 dólares en cuanto al uso de productos para el control de la sigatoka negra y la fertilización con silicio, sin embargo los ingresos y la relación beneficio/costo tienen diferencias notables, los tratamientos 1 y 3 con dosis de 0,5 y 1,5 kg ha⁻¹ de silicio biodisponible

obtuvieron la mayor cantidad en cuanto a la relación B/C con \$1,42 dólares por cada dólar invertido, mientras que el testigo con el costo de inversión más bajo alcanzó un retorno de \$0,90 por cada dólar de inversión.

Tabla 6. Análisis de costos variables y relación beneficio/costo de los tratamientos aplicados.

Dosis de silicio	Costos variables	Ingresos	Relación B/C
0,50	\$38,60	\$54,67	\$1,42
1,00	\$38,72	\$52,36	\$1,35
1,50	\$38,84	\$54,99	\$1,42
Testigo	\$38,48	\$34,69	\$0,90

CONCLUSIONES

Los análisis estadísticos reportaron que los niveles de silicio aplicados al cultivo de plátano barraganete si incidieron en el rendimiento de la fruta del racimo de plátano.

El número de hojas a la cosecha fue más alto en los tratamientos con dosis baja y media de silicio biodisponible para las plantas de plátano barraganete, sin embargo, en cuanto en la incidencia y niveles de severidad de la sigatoka negra el testigo mantuvo los valores más altos de afectación.

Los costos de inversión tuvieron valores semejantes por debajo de los \$39,00 dólares, sin embargo, la relación beneficio costo entre los tratamientos de $0,5 \text{ kg ha}^{-1}$ y $1,5 \text{ kg ha}^{-1}$ presentan la mejor tasa de retorno con \$1,42 dólares por cada dólar invertido.

RECOMENDACIONES

En referencia a la producción se recomienda utilizar el producto para realizar el trabajo en época de verano.

Bajo el efecto de mayor cantidad de hojas a la floración, la dosis de $0,5 \text{ kg ha}^{-1}$ es la mejor alternativa en cuanto al ahorro de silicio biodisponible, aunque el testigo muestra que la aplicación de este nutriente no disminuye en proporción considerada el ataque de sigatoka negra.

Con los costos variables en el uso del silicio biodisponible similares entre todos los tratamientos y con el efecto positivo en las variables productivas se recomienda el uso de $0,5 \text{ kg ha}^{-1}$ en el que la relación beneficio/costo es el más alto con la menor dosis utilizada de silicio.

BIBLIOGRAFÍA

- Alarcón, J., & Jimenez, Y. (2012). *Manejo fitosanitario del cultivo del plátano*. Bogotá, Colombia: Produmedios. Obtenido de <https://www.ica.gov.co/getattachment/08fbb48d-a985-4f96-9889-0e66a461aa8b/-nbsp;Manejo-fitosanitario-del-cultivo-de-platano.aspx>
- Álvarez, E., León, S., Sánchez, M., & Cusme, B. (2020). Evaluación socioeconómica de la producción de plátano en la zona norte de la Provincia de los Ríos. *Revista de estudios empresariales y emprendedores*, 1-8. Obtenido de <https://journalbusinesses.com/index.php/revista/article/view/78>
- Álvarez, E., Pantoja, A., Gañán, L., & Germán, C. (2013). *La sigatoka negra en plátano y banano*. Bogotá, Colombia: CIAT/FAO. Obtenido de <https://cgspace.cgiar.org/handle/10568/69683>
- Barrera, J., Cardona, C., & Cayon, D. (2011). *EL CULTIVO DE PLÁTANO (MUSA AAB SIMMONDS): ECOFISIOLOGÍA Y MANEJO CULTURAL SOSTENIBLE*. Universidad de Cordoba . Obtenido de <http://editorialzenu.com/images/1467833541.pdf>
- Barrera, V., Barraza, A., & Campo, A. (2016). Efecto del sombrío sobre la Sigatoka negra (*Mycosphaerella fijiensis* Morelet) en cultivo de plátano cv Hartón (Musa AAB Simmonds). *Rev. U.D.C.A Act. & Div. Cient.*, 19(2), 317-323. Obtenido de http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0123-42262016000200008
- Benavides, L. (2019). *Cuantificación temprana de Pseudocercospora fijiensis por medio de qPCR en modelos predictivos de sigatoka negra en plantas de banano (Musa AAA)*. Instituto Tecnológico de Costa Rica. Costa Rica: Campus Tecnológico Local de San Carlos. Obtenido de <https://repositoriotec.tec.ac.cr/handle/2238/10838>
- Castellanos, L., de Mello, R., & Silva, C. N. (2015). El Silicio en la resistencia de los cultivos. *Cultivos Tropicales*, 36(Supl. 1), 16-24. Obtenido de http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0258-59362015000500002&lng=es&tlng=es
- Castillo, F., & Zurita, J. (2020). *Diagnóstico de la situación de sigatoka negra (Mycosphaerella fijiensis Morelet) del cultivo de plátano (Musa paradisiaca L.) del cantón El Carmen*.

Universidad de las Fuerzas Armadas. Santo Domingo: Carrera de Ingeniería Agropecuaria. Obtenido de <http://repositorio.espe.edu.ec/xmlui/handle/21000/22301>

Cedeño, J., Díaz, E., Conde, E., Cervantes, A., Avellán, L., Zambrano, M., . . . Sánchez, A. (2021). Evaluación de la severidad de Sigatoka negra (*Mycosphaerella fijiensis* Morelet) en plátano “Barraganete” bajo fertilización con magnesio. *Rev. Téc. Ing. Univ. Zulia.*, 44(1), 4-11. Obtenido de <https://produccioncientificaluz.org/index.php/tecnica/article/view/34800>

Cobeña, G. (2015). *Morfología, producción y eficiencia del uso de nitrógeno en plátano barraganete (Musa paradisiaca ABB), mediante dosis y fraccionamientos*. Universidad Laica Eloy Alfaro de Manabí. El Carmen: Carrera de ingeniería agropecuaria.

DIATOMIX. (16 de marzo de 2019). *Plátano, Banano*. Obtenido de Diatomix.mx: http://diatomix.mx/fichas_aplicacion/pdfs/a1_diatomix_agro/ficha_platano.pdf

FAO. (5 de diciembre de 2021). *Cultivos y productos de ganadería; Plátanos y otros*. Obtenido de fao.org: <https://www.fao.org/faostat/es/#data/QCL/visualize>

Furcal, P., & Barquero, A. (2014). Fertilización del plátano con nitrógeno y potasio durante el primer ciclo productivo. *Agronomía Mesoamericana*, 25(2), 267-278. Obtenido de https://www.scielo.sa.cr/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1659-13212014000200005

Guzmán, M., & Paladines, R. (6 de diciembre de 2021). *Sigatoka Negra*. Obtenido de CropLife: Latin América: <https://www.croplifela.org/es/plagas/listado-de-plagas/sigatoka-negra>

H, J. H. (18 de Mayo de 2011). *Cultivodeplatano*. Obtenido de Cultivodeplatano: <https://cultivodeplatano.com/2011/05/18/las-virtudes-del-silicio/>

INAMHI. (2018). *Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología*. Obtenido de <http://www.serviciometeorologico.gob.ec/wp-content/uploads/anuarios/meteorologicos/Am%202011.pdf>

INEC. (2020). *Encuesta de superficie y producción agropecuaria continúa*. Instituto Nacional de Estadística y Censo. Quito: INEC. Obtenido de <https://www.ecuadorencifras.gob.ec/estadisticas-agropecuarias-2/>

INIAP. (2011). *Platano, banano*. Obtenido de <http://www.iniap.gob.ec/pruebav3/banano-platano-y-otras-musaceas/>

- Londoño, D. (2015). *Evaluación del efecto de la aplicación de silicio asimilable en banano (Musa AAA), para el control del hongo Mycosphaerella fijiensis y el fitonemátodo Radopholus similis*. Universidad Nacional de Colombia sede Medellín. Colombia: Rio Claro Tecnología en Agricultura S.A.S. Obtenido de <https://www.rioclaro.com.co/efectos-de-la-aplicacion-de-silicio-asimilable-en-el-cultivo-del-banano-content-69.html>
- MAG. (10 de septiembre de 2021). *MAG fortalece producción de plátano barraganete de exportación*. Obtenido de Gobierno del Encuentro: Ministerio de agricultura y Ganadería: <https://www.agricultura.gob.ec/mag-fortalece-produccion-de-platano-barraganete-de-exportacion/>
- Martínez, C., Cayón, G., & Ligarreto, G. (2016). Composición química y distribución de materia seca del fruto en genotipos de plátano y banano. *Corpoica Cienc Tecnol Agropecuaria Mosquera (Colombia)*, 17(2), 217-227. Obtenido de <http://www.scielo.org.co/pdf/ccta/v17n2/v17n2a06.pdf>
- Mejía, G. (2018). *Cultivo de plátano (Musa paradisiaca)*. El Salvador: CENTA.
- Navarrete, L. (2017). *Efecto del manejo cultural de un sistema de mezcla intraespecífica de musáceas sobre la incidencia y severidad de los principales problemas fitosanitarios*. Universidad Técnica Estatal de Quevedo. Quevedo: Facultad de Ciencias Agrarias. Obtenido de <https://repositorio.uteq.edu.ec/handle/43000/3305>
- Orozco, M., García, K., Manzo, G., Guzmán, S., Martínez, L., Beltrán, M., . . . Canto, B. (2013). *La Sigatoka Negra y su manejo integrado en banano* (Vol. Libro técnico N° 1). México: SAGARPA, INIFAB, CIRPAC,.
- Rivera, O. (2016). *Determinación de la cantidad de hojas efectiva para el llenado eficiente del racimo de banano*. Tesis de grado, UTMACH, Unidad Académica de Ciencias Agropecuarias, Machala.
- Rodríguez, P., & Cayón, G. (2008). Efecto de *Mycosphaerella fijiensis* sobre la fisiología de la hoja de banano. *Agron. colomb.*, 26(2), 24-56.
- Sánchez, M., Sánchez, A., Cervantes, A., & Narváez, Á. (2021). Control de sigatoka negra en banano con fungicidas orgánicos en época de lluvia. *Revista Científica Agroecosistemas*, 9(1), 107-112. Obtenido de <https://aes.ucf.edu.cu/index.php/aes/article/view/455>

- Sepúlveda, W., Ureta, I., Hernández, G., & Solorzano, G. (2018). Consumo de plátano en Ecuador; hábitos de compra y disponibilidad a pagar de los consumidores. *Revista em Agronegócio e Meio Ambiente*, 10(4), 995-1014.
- Silva, K. (2020). *Influencia del silicio en la respuesta a estreses abióticos y bióticos en plantas leñosas*. Universidad de Córdoba. Córdoba: Departamento de agronomía.
- Sotelo, M. (1 de octubre de 2016). *Silicio: macronutriente para las plantas*. Obtenido de Slideshare: <https://es.slideshare.net/MauricioSotelo1/silicio-macronutriente-para-las-plantas>
- Triana, Á. (2018). *Evaluación del comportamiento agronómico del cultivo de banano (Musa acuminata triploide A), aplicando un fertilizante a base de silicio en el cantón El Guabo, provincia de El Oro*. Universidad Católica de Santiago de Guayaquil. Guayaquil: Carrera de ingeniería agropecuaria.
- Tumbaco, A., Patiño, M., Tumbaco, J., & Ulloa, S. (2015). *Manual del cultivo de plátano de exportación*. Santo Domingo, Ecuador: Escuela Superior Politécnica del Ejercito.
- Villada, K., & Tobón, J. (2016). *Determinación del desarrollo del cultivo de banano variedad Cavendish bajo 2 tratamientos de aireación de suelo y aporte de materia orgánica en la finca Bonito Amanecer del Municipio de Chigorodó*. Colombia: Universidad Nacional Abierta y a distancia.

ANEXOS*Anexo 1. ADEVA del peso de racimo del plátano barraganete.*

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Repetición	11,02	3	3,67	0,88	0,4874 **
Dosis de silicio	27,42	3	9,14	2,19	0,1591 **
Error	37,59	9	4,18		
Total	76,03	15			
CV:	26,70%				

Anexo 2. ADEVA del número de días a la cosecha del plátano barraganete.

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Repetición	2681,66	3	893,89	7,37	0,0085 **
Dosis de silicio	3475,71	3	1158,57	9,55	0,0037 **
Error	1091,46	9	121,27		
Total	7248,84	15			
CV:	2,61%				

Anexo 3. ADEVA del número de racimos por caja del plátano barraganete.

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Repetición	3,43	3	1,14	1,48	0,2856 ns
Dosis de silicio	5,81	3	1,94	2,5	0,1254 ns
Error	6,97	9	0,77		
Total	16,21	15			
CV:	27,14%				

Anexo 4. ADEVA del número de hojas a la floración del plátano barraganete,

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Repetición	0,33	3	0,11	0,43	0,7397 ns
Dosis de silicio	7,22	3	2,41	9,31	0,004 **
Error	2,33	9	0,26		
Total	9,87	15			
CV:	6,55%				

Anexo 5. Media de los niveles de severidad de la sigatoka negra en el plátano barraganete.

HOJA 2						
Silicio	1	2	3	4	5	6
0,5	0	0,1	0,4	0,65	0,8	1,06
1,0	0	0,1	0,55	0,95	0,85	1,34
1,5	0	0,15	0,35	1,25	0,9	1,13
Testigo	0	0,15	0,15	0,5	0,5	0,6
HOJA 3						
Silicio	1	2	3	4	5	6
0,5	0,9	1,1	1,4	1,65	1,8	2,06
1,0	0,75	1,05	1,55	1,95	1,85	2,34

1,5	0,7	1,15	1,3	2,25	1,9	2,13
Testigo	0,45	0,75	1,15	1,5	1,5	1,6
HOJA 4						
Silicio	1	2	3	4	5	6
0,5	1,9	2,1	2,4	2,65	2,8	3,06
1,0	1,75	2,05	2,55	2,95	2,85	3,34
1,5	1,7	2,15	2,3	3,15	2,9	3,13
Testigo	1,45	1,75	2,15	2,5	2,5	2,6
HOJA 5						
Silicio	1	2	3	4	5	6
0,5	2,9	3,1	3,4	3,65	3,8	4,06
1,0	2,75	3,05	3,55	3,95	3,85	4,34
1,5	2,7	3,15	3,3	4,15	3,9	4,13
Testigo	2,45	2,75	3,15	3,5	3,5	3,6

Anexo 6. Aplicación de los tratamientos



Anexo 7. Preparación de las algas diatomeas.



Anexo 8. Toma de datos en afección de sigatoka negra en las hojas.



Anexo 9. Peso del racimo de los tratamientos.

