UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA

CENTRO UNIVERSITARIO DE SUROCCIDENTE -CUNSUROC

CARRERA DE AGRONOMIA TROPICAL

TRABAJO DE GRADUACIÓN

EVALUACIÓN DEL EFECTO DEL SILICIO EN EL CRECIMIENTO, PRODUCCIÓN Y CALIDAD EN *MUSA PARADISIACA* "PLÁTANO" EN HACIENDA LA ESPERANZA, SAN JOSÉ EL ÍDOLO, SUCHITEPÉQUEZ.

T.P.A. CÉSAR EMANUEL VÁSQUEZ GONZÁLEZ

CARNÉ: 201740187

DPI: 3252 66948 1010

Correo electrónico: cesaremava@gmail.com

MAZATENANGO SUCHITEPÉQUEZ, FEBRERO 2024.

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA

CENTRO UNIVERSITARIO DE SUROCCIDENTE -CUNSUROC

CARRERA DE AGRONOMIA TROPICAL

TRABAJO DE GRADUACIÓN

EVALUACIÓN DEL EFECTO DEL SILICIO EN EL CRECIMIENTO, PRODUCCIÓN Y CALIDAD EN *MUSA PARADISIACA* "PLÁTANO" EN HACIENDA LA ESPERANZA, SAN JOSÉ EL ÍDOLO, SUCHITEPÉQUEZ.

T.P.A. CÉSAR EMANUEL VÁSQUEZ GONZÁLEZ

CARNÉ 201740187

ING., AGR. M.A. HÉCTOR RUBÉN POSADAS RUÍZ

SUPERVISOR-ASESOR

MAZATENANGO SUCHITEPÉQUEZ, FEBRERO 2024.

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA

CENTRO UNIVERSITARIO DE SUROCCIDENTE

M.A. Walter Ramiro Mazariegos Biolis	Rector
Lic. Luis Fernando Cordón Lucero	Secretario General

MIEMBROS DEL CONSEJO DIRECTIVO DEL
CENTRO UNIVERSITARIO DE SUROCCIDENTE

M.A. Luis Carlos Muñoz López	Director en Funciones

REPRESENTANTE DE PROFESORES

MSc. Edgar Roberto del Cid Chacón	Vocal

REPRESENTANTE GRADUADO DEL CUNSUROC

Lic. Vílser Josvin Ramírez Robles	Vocal

REPRESENTANTES ESTUDIANTILES

TPA. Angélica Magaly Domínguez Curiel	Vocal
PEM y TAE. Rony Roderico Alonzo Solís	Vocal

COORDINACIÓN ACADÉMICA

MSc. Bernardino Alfonso Hernández Escobar
Coordinador Académico

Dr. Álvaro Estuardo Gutierrez Gamboa
Coordinador Carrera Licenciatura en Administración de Empresas

M.A. Edín Aníbal Ortiz Lara
Coordinador Carrera de Licenciatura en Trabajo Social

Dr. Nery Edgar Saquimux Canastuj
Coordinador de las Carreras de Pedagogía

MSc. Víctor Manuel Nájera Toledo
Coordinador Carrera Ingeniería en Alimentos

Dr. Mynor Raúl Otzoy Rosales
Coordinador Carrera Ingeniería Agronomía Tropical

MSc. Karen Rebeca Pérez Cifuentes
Coordinadora Carrera Ingeniería en Gestión Ambiental Local

MSc. Tania María Cabrera Ovalle
Coordinador Carrera de Licenciatura en Ciencias Jurídicas y Sociales
Abogacía y Notariado

Lic. José Felipe Martínez Domínguez
Coordinador de Área

CARRERAS PLAN FIN DE SEMANA

Lic. Néstor Fridel Orozco Ramos
Coordinador de las carreras de Pedagogía

M.A. Juan Pablo Ángeles Lam
Coordinador Carrera Periodista Profesional y
Licenciatura en Ciencias de la Comunicación

DEDICATORIA

A Dios:

Todo poderoso por brindarme salud, sabiduría y bendiciones, que me permite culminar mi carrera universitaria.

A Mis Padres:

Esteban Vásquez y Nicolasa González, por siempre brindarme su amor y apoyo incondicional, que Dios los bendiga siempre por ser el mejor ejemplo de vida.

A Mis Hermanos:

Juan, Floridalma, Silvia, Yonatan, Roger y Esaú, por su amor y apoyo moral e incondicional.

A Mi Compañera de vida:

Edith González por brindarme su amor, amistad y apoyo incondicional.

A Colegio Einstein:

En especial a Juan Pablo Urrutia, Loreny Valdés y Friné Urrutia, por sus valiosos consejos y apoyo en mi formación académica.

Familia:

Abuelos José Vásquez y Antonia Ramírez (†); José González (†) y Virginia Julajuj; Tíos y tías; primos y primas, por sus ánimos y buenos consejos.

A Mis Amigos:

Por compartir buenos momentos durante la carrera universitaria. En especial a Aaron Soto, Wilmer Quich, José Mazariegos, Marcelo Cos, Oscar Renoj, Luis Álvarez y; Ing. Agr. Braulio Cano.

AGRADECIMIENTOS

Al Centro Universitario de Suroccidente:
Por ser mi casa de estudio y formarme como profesional.

Al Claustro de Agronomía Tropical:
Por impartir su conocimiento para mi formación profesional.

Ing. Agr. Héctor Posadas
Asesor de EPS, por brindar apoyo, conocimiento y paciencia durante mi Ejercicio Profesional Supervisado.

A Ph. D. Mynor Otzoy:
Por su apoyo y orientación profesional.

A Hacienda la Esperanza:
Por brindarme la oportunidad de desarrollar mi Ejercicio Profesional Supervisado dentro de reconocida y prestigiosa institución.

A Sr. Luis Enrique Secaira:
Por brindarme su apoyo y conocimiento profesional.

Al Ing. Agr. Luis Díaz:
Por su valioso apoyo y consejos brindados durante mi Ejercicio Profesional Supervisado.

Al Ing. Agr. Joaquín Tayun:
Por su orientación profesional para mi Ejercicio Profesional Supervisado.

Al personal de Hacienda la Esperanza:
Por el apoyo en las actividades de campo durante mi Ejercicio Profesional Supervisado: Ing. Hugo de la Cruz, Daniel Pastor, Víctor Rodas, Duglas Asencio, Rony Escuín, Elmer Quej, Israel Sifuentes.

ÍNDICE GENERAL

No.	Contenido	Página
	RESUMEN……..	ix
	SUMMARY…….....	x
I.	INTRODUCCION……. ..	1
II.	MARCO TEORICO…….....	2
1	MARCO CONCEPTUAL……	2
1.1.	Clasificación botánica……..	2
1.2.	Ecología y distribución…….....	2
1.3.	Botánica del plátano…….....	2
1.4.	Variedad Curare Enano……	4
1.5.	Fertilización……..	4
1.6.	Requerimientos nutricionales……...	5
1.6.1.	Silicio……	6
1.6.2.	Importancia del silicio en la planta ……...	7
1.6.3.	Beneficios del silicio…….	8
1.7.	Requerimientos climáticos……...	9
1.7.1.	Clima ……...	9
1.7.2.	La pluviosidad……..	9
1.7.3.	Suelos……...	10
1.8.	Principales plagas y enfermedades del cultivo de plátano……	10
1.8.1.	Mycosphaerella fijensis Sigatoka negra……...	10
1.8.2.	Ralstonia solancearum Mal de moko o mal de panamá……...	11

1.8.3. Stephanitis typica Chinche de encaje…….. 11

1.8.4. Tetranychus urticae Araña roja…… 12

1.8.5. Cosmopolites sordidus Picudo negro…….. 12

1.8.6. Misicillium theobromae Punta cigarro…….. 12

1.9. Silicato agrícola térmico……... 13

2 MARCO REFERENCIAL……... 14

2.1. Información del área del ensayo de campo ……... 14

2.2. Descripción del producto a utilizar para la investigación……. 17

2.3. Antecedentes de investigaciones relacionadas con silicio…… 17

2.3.1. Universidad Nacional de Colombia: "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"…….. 17

2.3.2. Universidad EARTH; 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. 17

2.3.4. Evaluación del Silicio en el desarrollo de café en invernadero sobre el crecimiento y desarrollo de la planta la etapa de vivero, Esquipulas Chiquimula……... 18

2.3.5. Evaluación de sílice en variedades de caña de azúcar en suelos derivados de ceniza volcánica de Guatemala (2011)…… 18

III. OBJETIVOS……. 20

General ……. 20

	Específicos ……..	20
IV.	HIPÓTESIS…….	21
V.	MATERIALES Y MÉTODOS……	22
1	Material de la investigación…….	22
1.1.	Producto a evaluar……	22
1.2.	Recursos físicos……	22
1.3.	Recursos humanos……	23
1.4.	Tratamientos a evaluar……..	23
2	Metodología de la investigación……...	24
2.1.	Metodología para desarrollar el objetivo específico uno.....	24
2.2.	Metodología para desarrollar el objetivo específico dos.....	25
2.3.	Metodología para desarrollar el objetivo específico tres.....	29
2.4.	Metodología para desarrollar el objetivo cuatro.....	33
3	Manejo agronómico de la investigación……	34
VI.	PRESENTACION Y DISCUSION DE RESULTADOS…….	37
1	Efecto de las dosis de silicio en el crecimiento del cultivo de plátano M. paradisiaca, en la altura, grosor del tallo y cantidad de hojas……	37
1.1.	Efecto en la altura de la planta del cultivo de plátano……..	37
1.2.	Efecto en el diámetro de la planta del cultivo de plátano…….	39
1.3.	Efecto en el desarrollo de hojas del cultivo de plátano…….	40
2	Dosis de silicio que desarrolla un mejor racimo en cuanto a: número, longitud, diámetro de los frutos; índice de maduración & índice de punta cigarro.....	41

2.1. Componente de numero de frutos por racimo……... 41

2.2. Componente largo del fruto de plátano……. 42

2.3. Componente grado o diámetro de los frutos de plátano…… 43

2.4. Componente índice de maduración……... 45

2.5. Componente índice de Punta cigarro daños por el hongo Misicillium theobromae…… 46

3 Tratamiento que generó el factor real más alto de conversión de racimos a cajas..... 48

4 Análisis económico a través de costos parciales la aplicación de silicio en el cultivo de plátano..... 52

VII. CONCLUSIONES……. 53

VIII. RECOMENDACIONES……... 54

IX. REFERENCIAS…… 55

X. ANEXOS……... 60

INDICE DE TABLAS

No.	Nombre de la tabla	Página
1.	Extracción de nutrientes en Kg/ha del cultivo de plátano.	5
2.	Requerimientos de fruto para exportar.	15
3.	Tratamientos a evaluar en la investigación.	23
4.	Tratamientos a evaluar en la investigación.	30
5.	Distribución y localización de las unidades experimentales.	32
6.	Plan de fertilización de Hacienda la Esperanza.	35
7.	Evaluación de la calidad de los racimos obtenidos de cada tratamiento.	47
8.	Medias del factor real de conversión de cajas/racimos.	48
9.	Análisis de varianza del factor real de los tratamientos evaluados.	48
10.	Resumen de resultados de rendimiento y análisis químico foliar de silicio.	50
11.	Análisis de los costos de producción de los tratamientos evaluados.	52

INDICE DE FIGURAS

No.	Nombre de la figura	Página
1.	Ubicación y delimitación de Hacienda la Esperanza……	14
2.	(A) fruto normal, (B) metodología para determinar el largo del fruto de plátano…….……...…….…….……..	26
3.	Registro del grado (diámetro) del fruto en la parte media externa….....	31
4.	Fruto en el círculo rojo considerado maduro……..	27
5.	Frutos considerados con punta cigarro, no aptos para exportación……..	28
6.	Diseño de la unidad experimental……	31
7.	Curva de crecimiento de la altura del cultivo de plátano de los cinco tratamientos.....	37
8.	Gráfica de altura de la planta madre y del hijo primario al momento de la cosecha……..	38
9.	Gráfica del crecimiento del diámetro del cultivo de plátano de los cinco tratamientos……	39
10.	Grafica del número de hojas del cultivo de plátano de los cinco tratamientos……	40
11.	Cantidad de frutos totales y frutos para exportación de los racimos de plátano..	41
12.	Comportamiento de la longitud de los frutos por mano de cada tratamiento….....	42
13.	Comportamiento de los grados o diámetro de los frutos por cada mano de cada tratamiento…….	44
14.	Índice de frutos maduros extraídos de cada tratamiento……...	45
15.	Índice de frutos con punta cigarro de cada tratamiento……	46

16. Resultados del análisis de la textura de suelo de la Hacienda la Esperanza……... 60
17. Resultados del análisis químico de suelos de la Hacienda la Esperanza…… 60
18. Resultados análisis químico foliar de extracción de Sílice…… 61
19. Cultivo de plátano…….. 61
20. Inicio de la aplicación de los tratamientos……. 62
21. Modo de la aplicación de los tratamientos…… 62
22. Registro del crecimiento de la altura……. 63
23. Fertilizante y las dosis aplicadas…… 63
24. Identificación de la unidad experimental,……. 64
25. Área experimental……..... 64
26. Emergencia de la inflorescencia o parición, del cultivo de plátano……... 65
27. Racimo de plátano embolsado…… 65
28. Identificación de racimos pertenecientes a la investigación……..... 66
29. (A) lectura preliminar de peso del racimo, (B) cosecha de los racimos del área experimental…….. 66
30. (A) extracción de datos para el perfil de los racimos, (B) fotografía de toma de peso de frutos aptos para exportación……..... 67
31. (A) lectura de longitud del fruto, (B) lectura del grado o diámetro del fruto……..... 67

32. Frutos descartados para exportación, con problemas de punta cigarro, grado de maduración, sin diámetro y longitud esperada; de igual forma el raquis del racimo……..... 68

33. Ficha técnica de Silicato Agrícola Térmico…….. 68

RESUMEN

La investigación tuvo como objetivo principal evaluar el efecto del Silicio (Si) en crecimiento, calidad y rendimiento de producción de *Musa paradisiaca* "plátano" para exportación, en Hacienda "La Esperanza" que se localiza en el municipio de San José el Ídolo del departamento de Suchitepéquez. a una altura promedio de 140 msnm. El cultivo crece en suelo Andisol con textura franco areno-arcilloso. Se realizó un diseño experimental completamente al azar, con cinco tratamientos y cuatro repeticiones, aplicando 75 kg/ha, 150 kg/ha, 225kg/ha, 300 kg/ha y 0 kg/ha (testigo) de Silicato Agrícola Térmico (35% de Si), incorporado al plan de nutrición de la finca distribuido en ocho aplicaciones.

Las variables evaluadas fueron: altura de la planta, diámetro del tallo, cantidad de hojas durante 26 semanas hasta la emergencia de la inflorescencia, en los cuales no se encontraron diferencias significativas entre los tratamientos para cada componente. En la cosecha se comparó la dosis que presentara un mejor racimo en cuanto a los requerimientos de exportación, se obtuvo el peso del racimo (frutos) únicamente para exportación (Factor real) de cada tratamiento, sometido al ANDEVA el cual determinó que estadísticamente todos los tratamientos fueron iguales.

El mejor rendimiento de factor real de conversión lo obtuvo el tratamiento cinco (testigo absoluto) sin aplicación de 0.54 cajas/racimo, seguido del tratamiento uno con 0.52; en cuanto al análisis económico se determinó que el tratamiento testigo presentó una mayor rentabilidad en 73% con un rendimiento de producción de 1134 cajas/ha/año. Sin embargo, se determinó que todos los tratamientos fueron estadísticamente iguales.

SUMMARY

The main objective of the research was to evaluate the effect of Silicon (Si) in terms of the development of the crop or production performance of *Musa paradisiaca* "Plantain" for export, in "Hacienda La Esperanza" which is located in the municipality of San José el Ídolo of the department. from Suchitepéquez. at an average height of 140 meters above sea level. In Andisol soilwith sandy-clay loam texture. A completely randomized experimental design was carried out, with five treatments and four repetitions, applying 75 kg/ha, 150 kg/ha, 225 kg/ha, 300 kg/ha and 0 kg/ha (control) of Thermal Agricultural Silicate (35% of Si), incorporated into the farm's nutrition plan distributed in eight applications.

The variables evaluated were: plant height, stem diameter, number of leaves for 26 weeks until the emergence of the inflorescence,in which they were not found significant differences between treatments for each component. During the harvest, the dose that presented a better bunch was compared in terms of export requirements, the weight of the bunch (fruits) was obtained only for export (Real Factor) of each treatment, submitted to ANDEVA which determined that statistically all treatments are equal.

The best performance of the real conversion factor was obtained by treatment five (absolute control) without application of 0.54 boxes/bunch, followed by treatment one with 0.52; Regarding the economic analysis, it was determined that the control treatment presented a greater profitability of 73% with a production yield of 1134 boxes/ha/year. However, it was determined that all treatments are statistically equal.

I. INTRODUCCIÓN

Hacienda “La Esperanza” se localiza en el municipio de San José el Ídolo del departamento de Suchitepéquez. a una altura promedio de 140 metros sobre el nivel del mar, es administrada por Agro proyectos diversificados dedicándose a la producción de hule, caña de azúcar y ganado (Brahman gris y rojo); a partir del año 2021 se inició el proyecto de producción de plátano en asocio con cacao.

La investigación tuvo como objetivo principal evaluar el efecto del Silicio (Si) en cuanto a la altura de la planta, diámetro del tallo, numero de hojas por planta, calidad o rendimiento de producción de *Musa paradisiaca* Plátano para exportación, con el fin de evaluar las dosis para incrementar o estandarizar el factor de conversión de Cajas/racimos a 0.50 esperado por finca.

Para lo anterior se realizó un diseño experimental completamente al azar, con cinco tratamientos y cuatro repeticiones, en un área de la finca llamada “noria” específicamente en la válvula 22, aplicando 75 kg/ha, 150 kg/ha, 225kg/ha, 300 kg/ha y 0 kg/ha (testigo) de Silicato Agrícola Térmico (35% de Si), incorporado al plan de nutrición de la finca distribuido en ocho aplicaciones.

Las variables evaluadas fueron registradas durante 26 semanas hasta la emergencia de la inflorescencia; en la cosecha se comparó la dosis que presentara un mejor racimo en cuanto a los requerimientos de exportación, se obtuvo el peso del racimo (frutos) únicamente para exportación (Factor real) de cada tratamiento, sometido al ANDEVA en el cual se determinó que estadísticamente todos los tratamientos son iguales.

II. MARCO TEORICO

1. MARCO CONCEPTUAL

1.1.Clasificación botánica

Reino: Plantae.

Filo: Tracheophyta.

Clase: Liliopsida.

Orden: Zingiberales.

Familia: Musaceae.

Género: *Musa*.

Especie: *paradisiaca* L (Garnica, 1995).

1.2. Ecología y distribución

Musa x paradisiaca L. Plátano, es originario de las regiones tropicales húmedas del Sureste de Asia. Pertenece a la familia de las Musáceas (Monales, 2017).

M. paradisiaca plátano, es originario de las regiones tropicales húmedas del Sureste de Asia. Pertenece a la familia de las Musáceas (Garnica, 1995).

1.3. Botánica del plátano

Planta: herbácea perenne gigante, con rizoma corto y tallo aparente, que resulta de la unión de las vainas foliares, cónico y de 3.5-7.5 m de altura, terminado en una corona de hojas (León, 2000).

Rizoma o bulbo: tallo subterráneo con numerosos puntos de crecimiento (meristemos) que dan origen a pseudotallos, raíces y yemas vegetativas (Tello, 2019).

Tallo: el verdadero tallo es un rizoma grande, almidonoso, subterráneo, que está coronado con yemas, las cuales se desarrollan una vez que la planta ha florecido y fructificado. A medida que cada chupón del rizoma alcanza la madurez, su yema terminal se convierte en

una inflorescencia al ser empujada hacia arriba desde el interior del suelo por el alargamiento del tallo, hasta que emerge arriba del pseudotallo (Tello, 2019).

Hojas: se originan en el punto central de crecimiento o meristemo terminal, situado en la parte superior del rizoma. Al principio, se observa la formación del pecíolo y la nervadura central terminada en filamento, lo que será la vaina posteriormente. La parte de la nervadura se alarga y el borde izquierdo comienza a cubrir el derecho, creciendo en altura y formando los semilimbos (Monales, 2017).

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 dos a cuatro metros de largo y hasta 1,5 m de ancho, con un peciolo de 1 m o más de longitud y un limbo elíptico alargado, ligeramente decurrente hacia el peciolo, un poco ondulado y glabro. Cuando son viejas se rompen fácilmente de forma transversal por el azote del viento. De la corona de hojas sale, durante la floración, un escapo pubescente de 5 a 6 cm de diámetro, terminado por un racimo colgante de 1 a 2 m de largo. Éste lleva una veintena de brácteas ovales alargadas, agudas, de color rojo púrpura, tres cubiertas de un polvillo blanco harinoso. De las axilas de estas brácteas nacen a su vez las flores (Monales, 2017).

Flores: flores amarillentas, irregulares y con seis estambres, de los cuales uno es estéril, reducido a estaminodio petaloide. El gineceo tiene tres pistilos, con ovario ínfero. El conjunto de la inflorescencia constituye el “régimen” de la platanera. Cada grupo de flores reunidas en cada bráctea forma una reunión de frutos llamada “mano”, que contiene de tres a 16 frutos. Un régimen no puede llevar más de cuatro manos, excepto en las variedades muy fructíferas, que pueden contar con 12- 14 (Monales, 2017).

Fruto: baya oblonga. Durante el desarrollo del fruto éstos se doblan geotrópicamente, según el peso de este, determinando esta reacción la forma del racimo. Los plátanos son

polimórficos, pudiendo contener nueve manos, cada una con dos a 16 frutos, siendo su color amarillo verdoso, amarillo, amarillo-rojizo o rojo. Los plátanos comestibles son de partenocarpia vegetativa, o sea, desarrollan una masa de pulpa comestible sin ser necesaria la polinización. Los óvulos se atrofian pronto, pero pueden reconocerse en la pulpa comestible. La partenocarpia y la esterilidad son mecanismos diferentes, debido a cambios genéticos, que cuando menos son parcialmente independientes. La mayoría de los frutos de la familia de las Musáceas comestibles son estériles, debido a un complejo de causas, entre otras, a genes específicos de esterilidad femenina, triploidía y cambios estructurales cromosómicos, en distintos grados (Monales, 2017).

1.4. Variedad Curare Enano

La variedad que tiene mayor aceptación en los mercados de varios países es el curare enano, porque tiene las mismas características organolépticas y de proceso que el cuerno; pero, con un mejor rendimiento en campo. El curare enano tiene las siguientes ventajas un mínimo de 35 dedos - se obtienen dedos que pesen por lo menos 340 g (0.34 Kg), con un largo mínimo de 25 cm (10 pulgadas) (Castellón, 2017).

1.5. Fertilización

Las primeras fases de crecimiento de las plantas son decisivas para el desarrollo futuro, por tanto, es recomendable en el momento de la siembra utilizar un fertilizante rico en fósforo. Cuando no haya sido posible la fertilización inicial, la primera fertilización se hará cuando la planta tenga entre tres a cinco semanas. Se recomienda abonar al pie que distribuir el abono por todo el terreno, ya que esta planta extiende poco las raíces (Castellón, 2017).

A los dos meses aplicar urea o nitrato amónico y repetir a los tres y cuatro meses. Al quinto mes se debe hacer una aplicación de un fertilizante rico en potasio, por ser uno de los elementos más importantes para fructificación del cultivo. En plantaciones adultas, se seguirá

empleando una fórmula rica en potasio, distribuida en el mayor número de aplicaciones anuales, sobre todo en suelos ácidos (Castellón, 2017).

1.6. Requerimientos nutricionales

Para determinar la cantidad necesaria de fertilizante al cultivo se deben tener en cuenta lo siguiente:

- Interpretación del análisis del suelo
- Extracción de nutrientes por el cultivo de plátano.

Se presenta la extracción de nutrientes del cultivo de plátano.

Tabla 1. Extracción de nutrientes en Kg/ha del cultivo de plátano.

Elemento	Extracción en Kg/ha
Nitrógeno	220
Fósforo	105
Potasio	430
Calcio	220
Magnesio	60
Azufre	30
Boro	4.6
Zinc	2.2
Cobre	1.5

Fuente: (Torre, 2013).

Estos son los requerimientos nutricionales para obtener 75 t/ha/año de fruta, considerando el análisis químico del suelo.

Tello (2019) Otra fuente sugiere que los requerimientos de los principales macronutrientes para el cultivo de plátano y banano (sin indicar variedad o híbrido específico), para la obtención de 70 t/ha/año de fruta son:

Nitrógeno (N) = 125 kg

Fósforo (P) = 15 kg

Potasio (K) = 400 kg

Calcio (Ca) = 10 kg

Magnesio (Mg) = 20 kg

1.6.1. Silicio (Si)

El Si es un componente importante del planeta tierra, siendo el octavo elemento más común de la naturaleza y el segundo en abundancia en la corteza terrestre, formando 370 minerales. A pesar de su abundancia, el Si no puede ser absorbido directamente por las plantas debido a que no se encuentra disuelto en la solución del suelo (Méndez, 2019).

Todas las plantas terrestres contienen Si, la cantidad varía dependiendo de la disponibilidad del mismo en la solución del suelo y de las características genotípicas específicas de la misma. De igual manera cada tejido de la planta podrá tener diferentes cantidades que van desde 0.1 hasta 10 % del peso seco (Méndez, 2019).

Es el segundo elemento más abundante en la litosfera. Presente en casi todos los minerales en forma no biodisponible. Los suelos ácidos suelen contener concentraciones bajas de Si en la solución del suelo.

Es el segundo elemento más abundante en la corteza terrestre. Excepto en las formas inertes del Silicio (cuarzo, arena y vidrio), se encuentra en la naturaleza en formas biogeoquímicas activas de Silicio. Estas formas, tienen efectos sobre diferentes procesos del suelo y del

crecimiento de microorganismos y de plantas. En los ecosistemas terrestres, el ciclo biogeoquímico del Silicio es más intenso que el ciclo del fósforo y del potasio. El Silicio no se encuentra como tal en la naturaleza, sino en forma de óxido de Silicio (SiO_2), formando parte de rocas, arena, arcilla y suelos. Se combina con el aluminio, magnesio, calcio, sodio, potasio o el hierro, formando silicatos. Sus compuestos se encuentran también, en todas las aguas naturales, en la atmósfera como polvo de Silicio, en muchas plantas y en los esqueletos, tejidos y fluidos orgánicos de algunas plantas. El Silicio existe en la solución del suelo como ácido silícico (H_4SiO_4 o $Si(OH)_4$), en cuyas formas es absorbido por la planta (Xic, 2021).

1.6.2. Importancia del silicio en la planta

El Si, constituye entre el 0.1 y el 10% del peso seco de las plantas superiores. En comparación, el Ca está presente en valores que van de 0.1 a 0.6 % y el S de 0.1 a 1.5 %. El arroz acumula hasta 10% de Si y en general, las monocotiledóneas acumulan más Si que las dicotiledóneas, aunque las diferencias pueden darse incluso a nivel de variedad. No obstante, los análisis realizados indican que la concentración de Si está más influenciada por la posición filogenética (género, especie) que por factores ambientales, tales como disponibilidad de agua y del mismo Si o la temperatura (Xic, 2021).

Las plantas absorben Si como ácido ortosilícico (H_4SiO_4) y es transportado en la planta a través de la corriente de transpiración. En los puntos finales de la corriente de transpiración, el Si se concentra debido a la pérdida de agua y, tan pronto como se supera el límite de solubilidad, se produce la polimerización y se convierte en sílice amorfo ($SiO_2\ nH_2O$), que se deposita en las paredes celulares de las superficies epidérmicas de las hojas, tallos y frutos (Toala & Martillo, 2022).

Los experimentos científicos suelen categorizar las plantas según su acumulación o no acumulación de Silicio. A veces se quiere denotar (erróneamente) que las que no acumulan no se benefician o no pueden beneficiarse del Silicio (Garcia, 2011).

El Silicio incrementa la productividad y calidad de las cosechas agrícolas, desde el año 1848, numerosos reportes de investigación y la producción comercial en campo han demostrado los beneficios al obtener cosechas superiores, mediante la fertilización con Silicio, tal como en la producción de arroz del 15 a 100%, maíz del 15 a 35%, trigo del 10 a 30%, cebada del 10 a 40%, caña de azúcar del 55 a 150%, diversos frutales como el aguacate, mango, del 40 a 70%, zarzamora, guayaba, hortalizas, chile del 50 a 150% y otros, como el fríjol, pastos forrajeros, también se promueven beneficios al suelo para mantener una agricultura sustentable (Xic, 2021).

1.6.3. Beneficios del silicio

El silicio reduce la lixiviación de fósforo, nitrógeno y potasio, en las áreas de cultivo agrícola. El silicio como mejorador puede reducir la lixiviación de nutrientes en los suelos arenosos y guardarlos en una forma disponible para la planta, tales como coloides (Vindas, 2012)

El tratamiento del suelo con minerales primarios amorfos ricos en silicio (MPASi), biogeoquímicamente activo, optimiza la fertilidad del suelo a través de mejorar la retención y disponibilidad del agua, sus propiedades físicas y químicas y de mantener los nutrientes en forma disponible para la planta (Puerta, 2014)

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 de producción (Salazar G. , 2011).

Plantas sometidas a diferentes tipos de estrés han mostrado efectos positivos con la aplicación de Si. En los estreses abióticos donde se han encontrado efectos positivos del Si están los causados por sales toxicidad por metales pesados, desbalance de nutrientes 12 sequía inundación y congelamiento (Méndez, 2019).

Además, al ser el Si un elemento inocuo para el hombre y para el ambiente, no causa problemas de salud o contaminación, como los que actualmente presentan algunos fertilizantes.

1.7. Requerimientos climáticos

1.7.1. Clima

El plátano (*Musa paradisiaca*), exige un clima cálido y una constante humedad en el aire. Necesita una temperatura media de 26-27 ºC, con lluvias prolongadas y regularmente distribuidas. Estas condiciones se cumplen en la latitud 14° norte, y de uno a los 2 m de altitud. Son preferibles las llanuras húmedas próximas al mar, resguardadas de los vientos y regables. El crecimiento se detiene a temperaturas inferiores a 18 ºC, produciéndose daños a temperaturas menores de 13 ºC y mayores de 45 ºC (Monales, 2017).

En condiciones tropicales, la luz, no tiene tanto efecto en el desarrollo de la planta como en condiciones subtropicales, aunque al disminuir la intensidad de luz, el ciclo vegetativo se alarga. El desarrollo de los hijuelos también está influenciado por la luz en cantidad e intensidad (Monales, 2017).

1.7.2. La pluviosidad

Necesaria varía de 120 a 150 mm de precipitaciones mensuales o 44 mm semanales. La carencia de agua en cualquier momento puede causar la reducción en el número y tamaño de los frutos y en el rendimiento final de la cosecha. Los efectos del viento pueden variar, desde

provocar una transpiración anormal debido a la reapertura de las estomas hasta la laceración de la lámina foliar, siendo el daño más generalizado, provocando unas pérdidas en el rendimiento de hasta un 20%. Los vientos muy fuertes rompen los peciolos de las hojas, quiebran los pseudotallos o arrancan las plantas enteras inclusive (Monales, 2017).

1.7.3. Suelos

Los suelos aptos para el desarrollo del cultivo del plátano (*Musa paradisiaca*). Son aquellos que presentan una textura franco arenosa, franco arcilloso, franco arcillo limosa y franco limoso, debiendo ser, además, fértiles, permeables, profundos (1,2-1,5 m), bien drenados y ricos especialmente en materias nitrogenadas. El cultivo del plátano prefiere, sin embargo, suelos ricos en potasio, arcillo-silíceos, calizos, o los obtenidos por la roturación de los bosques, susceptibles de riego en estación seca, pero que no retengan agua durante la estación lluviosa (Monales, 2017).

La platanera tiene una gran tolerancia a la acidez del suelo, oscilando el pH entre 4,5-8, siendo el óptimo 6,5. Por otra parte, los plátanos se desarrollan mejor en suelos planos, con pendientes del 0-1% (Monales, 2017).

1.8. Principales plagas y enfermedades del cultivo de plátano

1.8.1. Mycosphaerella fijensis Sigatoka negra

Esta enfermedad es causada por un hongo, el cuál ataca el sistema foliar, causando daños graves en el mismo y en todo su desarrollo si no se controla convenientemente. El patógeno que causa la enfermedad es (*M. fijiensis*) que causa la sigatoka negra.

Los síntomas que pueden apreciarse visualmente en el campo por el ataque de sigatoka son pizcas (manchas pequeñas), de color amarillo pálido en el haz de las hojas. Estas se alargan hasta convertirse en estrías largas y amarillas que luego crecen para formar manchas necróticas (Monales, 2017).

Los primeros síntomas se manifiestan con pizcas de color café-rojizo en el envés de las hojas. Estas pizcas crecen rápidamente, llegando a formar estrías las cuáles crecen y se tornan de color café oscuro o casi negro.

El centro de la lesión se hunde ligeramente y el borde se hace pronunciado, posteriormente este centro se seca y se torna de color gris. Las lesiones se unen cada vez más hasta formar manchas necróticas (quemaduras), que causan la muerte de la hoja. La Sigatoka negra es más agresiva que la Sigatoka amarilla, por eso es de mayor importancia en las plantaciones plataneras (Monales, 2017).

1.8.2. Ralstonia solancearum Mal de moko o mal de panamá

El moko es una enfermedad que afecta al plátano y al banano, causada por la bacteria *R. solanacearum* raza 2. Puede sobrevivir hasta 25 años sin necesidad de un cultivo, se trasmite del suelo a las raíces sanas, pero también puede ser transmitida por el ser humano o por polinizadores. Según la variedad empleada, la enfermedad puede ser más dañina, los síntomas son muy variables y tardan en desarrollarse desde el inicio de la infección. Plantas aparentemente sanas pueden trasmitir la enfermedad (Montero, 2020).

1.8.3. Stephanitis typica Chinche de encaje

La infestación es visible en las hojas, incluso a distancia. Los adultos y las ninfas se encuentran en la parte inferior de la hoja, donde viven en colonias y se alimentan de los tejidos. Lo más habitual es que los insectos se alimenten de la savia de la hoja alrededor de la vena central.

El daño por alimentación aparece como diminutas manchas blancas y cloróticas, a veces en patrón cuadrado, en el lado superior de la hoja. Los insectos dejan secreciones oscuras en la

superficie inferior de la hoja con el tiempo, las áreas colonizadas se vuelven de color amarillo a café y se secan (Plantix, 2019)

1.8.4. Tetranychus urticae Araña roja

Este insecto se alimenta de las plantas en ambientes secos y, al igual que la mayoría de los insectos chupadores, se sitúan en el envés de la hoja. A medida que se intensifica el ataque, las hojas se tornan amarillas, hasta que se secan y toman aspecto de quemadas, este acaro ataca a las plantas de todas las edades, pero principalmente a las de fomento en las plantaciones muy jóvenes pueden causar defoliación (Rosales, 2017).

1.8.5. Cosmopolites sordidus Picudo negro

Picudo negro (*C. sordidus*): es una de las principales plagas del cultivo de banano y en el país es la de mayor importancia económica; pertenece al orden coleóptero, es originario del sudeste de Asia y se ha propagado por todas las regiones tropicales y subtropicales donde haya presencia de musáceas. El picudo ataca principalmente el cormo de la planta, al ingresar forma galerías que dificulta el transporte de agua y nutrientes necesarios para el desarrollo de la planta; además baja la productividad, provoca debilitamiento y volcamiento de la planta (Céspedes, 2017).

1.8.6. Misicillium theobromae Punta cigarro

Los síntomas de punta cigarro comienzan con una necrosis que se distribuye desde el perianto hacia la punta de los frutos inmaduros, la pulpa en la parte interna desarrolla una pudrición seca. El tejido necrótico se corruga y se cubre de micelio y esporas de dicho agente causal (signo) que le otorgan el aspecto de una ceniza grisácea como si fuera la de un cigarro. El tejido enfermo está delimitado por el tejido sano mostrando una banda negra y algunas líneas

con clorosis. El tejido se pudre lentamente, puede afectar más de dos centímetros de profundidad y en casos muy severos llega a momificar los frutos (Ortiz, 2017).

1.9. Silicato agrícola térmico

Silicato agrícola térmico es un acondicionador de suelo con alto contenido de Silicio el cual es disponible como Ácido Monosilísico (SiO_4). Este producto fortalece los tejidos celulares de la planta y promueve la liberación del fosforo fijado en el suelo, promoviendo el desarrollo radicular (DISAGRO, 2017).

2. MARCO REFERENCIAL

2.1. Información del área del ensayo de campo

En los siguientes incisos se describe la información de la finca en donde se realizó la investigación

2.1.1. Nombre de la Finca

Hacienda La Esperanza también es reconocida como: Agro Proyectos Diversificados.

2.1.2. Ubicación geográfica del experimento

2.1.3. Hacienda la Esperanza está ubicada en las coordenadas geográficas latitud norte 14°25'1.48" y longitud oeste 91°26'24.60", a una altura promedio de 140 msnm. Se muestra el mapa relieve de la Hacienda la Esperanza de San José el Ídolo delimitado de color rosado.

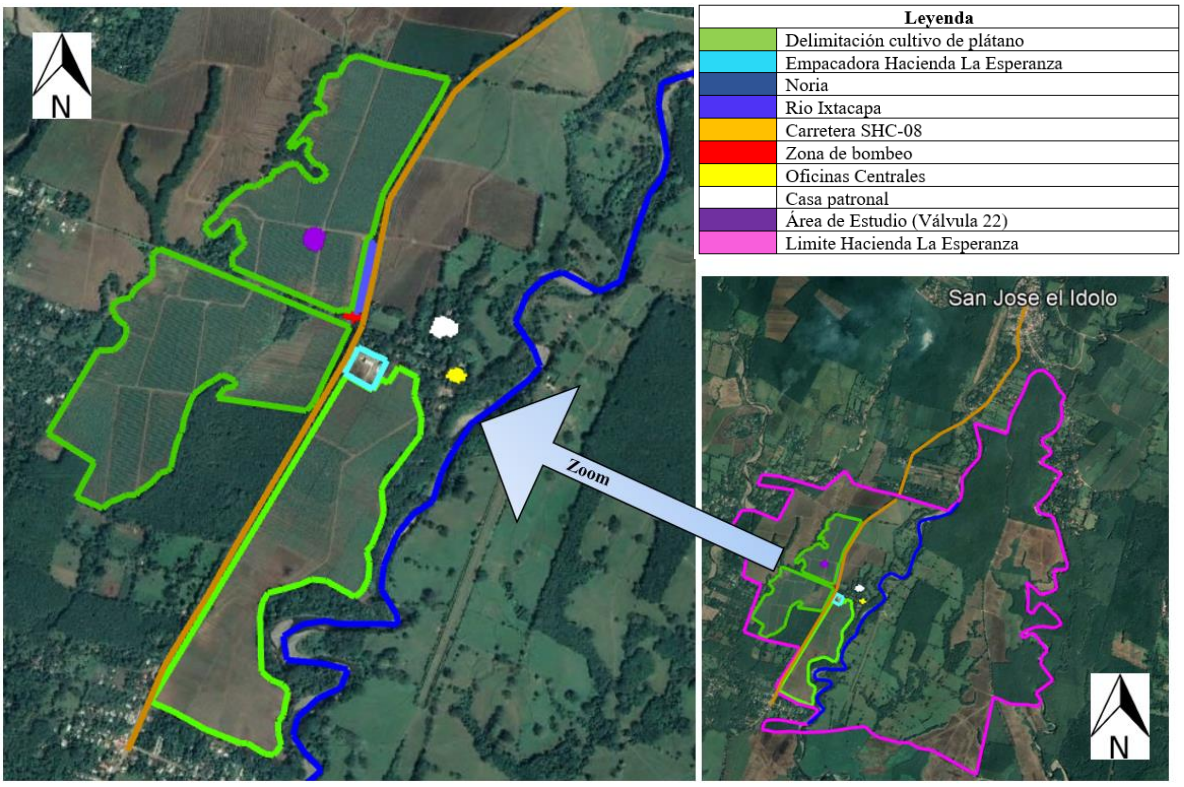

Figura 1. Ubicación y delimitación de Hacienda la Esperanza.

Se observa la delimitación de color verde el cultivo de plátano de Hacienda la Esperanza en 96 hectáreas. El área que se destinó para la evaluación fue la válvula 22, la cual se muestra en la figura en el punto de color morado. El área neta de estudio consistió en una parcela de 6,720m^2.

2.1.4. Vía de acceso

San José el Ídolo es un municipio del departamento de Suchitepéquez de la región sur-occidente de la república de Guatemala, hacienda "La Esperanza" está ubicada en el kilómetro cinco de la Carretera RD SCH-08.

2.1.5. Manejo de la plantación

El cultivo de *Musa paradisiaca* en la finca se establece un área de ensayo de cuatro hectáreas en el año 2021; se inicia como proyecto nuevo el cultivo para exportación en el año 2022, utilizando la variedad Curare enano, de acuerdo con las características se estima un factor de conversión de 0.5 cajas/racimo para obtener un buen margen de rentabilidad.

2.1.5.1. Requerimientos mínimos del fruto de plátano para exportación

Se presentan los requerimientos del fruto para poder ser exportado.

Tabla 2. Requerimientos de fruto para exportar.

Longitud	La longitud para exportación es de 10 pulgadas.
Diámetro	Diámetro o grado del fruto 54 mm.
Color	Grado o Color 1, fruta totalmente verde, si rasgos de maduración.
Libre de hongos	Sin daño absoluto de punta cigarro causado por *Misicillium theobromae*
Sin daños	Libre de daños causados por insectos, roedores, aves y manejo de cosecha.

Se pueden observar los requerimientos físicos y cualitativos del fruto para poder ser empacados y exportados, no cumpliendo estos son rechazados y ofrecidos al mercado local.

2.1.6. Descripción ecológica

- **Zona de vida**

  Hacienda “La Esperanza” según el sistema de clasificación de las zonas de vida de Holdridge, cuenta con un bosque húmedo tropical (bh-T), la temperatura máxima es 40° C y la minima es 10°C, manteniendo una temperatura media anual de 25°C, el viento circula generalmente de sur a norte con una velocidad media de 8 km/h (IGN, 2016).

- **Hidrología**

  La Hacienda se encuentra en territorio de la cuenca del río Sis-Ican registrando una precipitación anual entre 1400 y 4000 mm. En la finca atraviesa el río Ixtacapa, colinda con el rio Chegües en el este, al oeste del casco de la finca se encuentra el río “Seco” dentro de la finca se encuentran dos riachuelos “Talcushate” y “Juilin”, actualmente cuenta con una noria con capacidad aproximadamente para 25,000 m^3 de agua (IGN, 2016).

2.1.7. Descripción del suelo del área de estudio

Hacienda La Esperanza: según los análisis físicos del suelo cuenta con suelos Franco arenoso-arcilloso, de acuerdo con el Instituto Nacional Geográfico posee suelos del orden Andisol de origen volcánico, para el año 2021 presentó pH de 6.3, 0.03 de Aluminio y 7.1% de materia orgánica (ver anexo 17).

2.2. Descripción del producto a utilizar para la investigación

2.2.1. Silicato Agrícola Térmico

Silicato agrícola térmico es un acondicionador de suelo con alto contenido de Silicio el cual es disponible como Ácido Monosilísico (SiO_4). Este producto fortalece los tejidos celulares de la planta y promueve la liberación del fosforo fijado en el suelo, promoviendo el desarrollo radicular (DISAGRO, 2013).

2.3. Antecedentes de investigaciones relacionadas con silicio

2.3.1. Universidad Nacional de Colombia: "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".

Puerta (2014), presentó los resultados siguientes: Se mejoraron propiedades químicas del suelo como aumento de pH, reducción del aluminio intercambiable, reducción de hierro y manganeso, además de aportar silicio disponible para la planta de banano, y a partir de este, poder evaluar sus efectos benéficos en la planta.

En Sigatoka negra, se redujo la suma bruta (SB) hasta en un 15,47% y el estado de evolución (EE) de la enfermedad hasta en un 12,29% en condiciones de campo.

Los resultados sugieren que la fertilización con silicio puede 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%.

2.3.2. Universidad EARTH; 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.

Por Varela (2014), en la evaluación se realizaron muestreos del daño de Sigatoka negra en el cual se determinó que no existe diferencia estadística significativa.

En la evaluación de nemátodos patógenos que afectan el sistema radical del cultivo de plátano, no se obtuvieron diferencias significativas estadísticamente.

En el análisis de laboratorio del contenido de silicio en tejido foliar no presentó diferencias estadísticamente significativas en ningún tratamiento.

2.3.3. Evaluación del Silicio en el desarrollo de café en invernadero sobre el crecimiento y desarrollo de la planta la etapa de vivero, Esquipulas Chiquimula.

España (2016), realizó una evaluación de cuatro dosis de Silicio: 0 g, 10 g, 20 g, y 30 g, por planta en el cultivo de café. Evaluando las variables, altura de planta, diámetro de tallo, longitud de raíz, absorción de fósforo y potasio, además del porcentaje de pegue en campo. Se encontró que la aplicación de 30 g por planta de Silicio obtuvo mejores resultados en cada una de las variables estudiadas, el análisis foliar mostró que los tratamientos con Silicio obtuvieron mayor concentración de los elementos fósforo y potasio, Concluyendo la mejor dosis de Silicio aplicado en la etapa de vivero de café, es de 30 g por planta, debido a que se obtuvieron características superiores en comparación al resto de tratamientos, además de representar mayor ahorro para el caficultor en los costos destinados para la re-siembra.

2.3.4. Evaluación de sílice en variedades de caña de azúcar en suelos derivados de ceniza volcánica de Guatemala (2011).

CENGICAÑA (2011), las aplicaciones de Si en suelos derivados de ceniza volcánica de Guatemala se establecieron tres ensayos en el año 2011 en diferentes suelos de la región. Uno fue establecido en un suelo Inceptisol de finca Jabalí 3 de Ingenio La Unión, otro en un Andisol de finca Concepción de Ingenio Pantaleón y el tercero fue ubicado en un suelo Entisol de finca Buganvilia de Ingenio Magdalena. Se evaluaron dos factores: 1) Variedad de caña y 2) Sílice como silicato de Ca. En cada sitio se evaluaron tres variedades de caña.

Las variedades CP72-2086 y CP88-1165 fueron comunes en los tres ensayos y la tercera variedad fue diferente en cada lugar, siendo la Mex79-431 en Jabalí 3, la CP88-1508 en concepción y la CG97-97 en Buganvilia. El Si se evaluó en cuatro niveles: 0, 0.5, 2.0 y 4.0 toneladas de Silicato de Ca/ha.

Los resultados indicaron que la aplicación de Si no aumentó en forma significativa el rendimiento de caña, ni el contenido de sacarosa de las variedades evaluadas en ninguno de los sitios en correspondencia con los niveles altos de Si en los suelos y confirmado por los niveles adecuados de Si en la hoja (> 1.5 %).

III. OBJETIVOS

General

Evaluar el efecto de la aplicación de Silicio en el cultivo de *Musa paradisiaca* Plátano, en las variables crecimiento, rendimiento de producción y calidad de racimo, en Hacienda “La Esperanza” de San José el Ídolo, Suchitepéquez.

Específicos

1. Evaluar el efecto de las dosis de silicio en la altura, grosor del tallo y cantidad de hojas.
2. Determinar la dosis de silicio que desarrolla un mejor racimo en cuanto a: número, longitud y diámetro de los frutos.
3. Identificar el tratamiento que genere el factor real más alto de conversión de racimos a cajas.
4. Realizar un análisis económico a través de costos parciales la aplicación de silicio en el cultivo de plátano.

IV. HIPÓTESIS

- La presencia del silicio tendrá un efecto positivo en el crecimiento vegetativo en la altura de la planta, diámetro del tallo y numero de hojas de plátano, este influirá significativamente en el rendimiento de producción expresado en el factor real de conversión (cajas/racimos).

V. MATERIALES Y MÉTODOS

1. Material de la investigación

1.1. Producto a evaluar

Para la investigación se utilizó el producto Silicato agrícola térmico (SAT), de la casa comercial de DISAGRO, con 35% de Si.

1.2. Recursos Físicos

- Equipo de computación.
- Cinta métrica.
- Bascula de 40 kg.
- Calculadora.
- Cintas de identificación.
- Plantas de plátano var. Curare enano.
- Escalera.
- Libreta de campo.
- Calibrador de fruta.
- Silicato Agrícola Térmico.

1.3. Recursos Humanos

- Administrador de la finca.
- Jornales de mantenimiento.
- Estudiante de EPS.

1.4. Tratamientos a evaluar

Para la investigación se evaluaron cinco tratamientos con cuatro repeticiones de (Silicato Agrícola Térmico al 35% de Si).

Tabla 3. Tratamientos a evaluar en la investigación.

Tratamiento	Silicato Agrícola Térmico (SAT) Kg/ha	Cantidad en % respecto a 150Kg
T1	75	50%
T2	150	100%
T3	225	150%
T4	300	200%
T5	Testigo	Testigo

Se describen los tratamientos evaluados para la investigación, en los cuales se observa 150 kg/ha de Silicato Agrícola Térmico como 100% (recomendado por la casa comercial para el cultivo de plátano); a partir de ello se describe 50%, 100%, 150% y 200%, como referencia para la finca, utilizando un producto de una sola casa comercial, se dividió cada dosis en ocho aplicaciones, aunado al plan de fertilización de finca de Muriato de potasio y Nitrato de Calcio, Asimismo se utilizó un tratamiento de testigo absoluto (sin aplicación o 0%).

2. Metodología de la investigación

2.1. Metodología para desarrollar el objetivo específico uno, referente a evaluar el efecto de las dosis de silicio en el crecimiento del cultivo de plátano M. paradisiaca, en la altura, grosor del tallo y cantidad de hojas.

2.1.1. Descripción

Para la evaluación del efecto de las dosis de silicio en el crecimiento del cultivo de plátano, se realizó el monitoreo y registro cada semana hasta llegar a parición (emergencia de la inflorescencia) desde que las plantas presentaron dos hojas verdaderas. Utilizando el método de muestreo aleatorio simple tomando 20 plantas por tratamiento y para cada variable estudiada.

2.1.2. Variables evaluadas

Altura de planta: Esta actividad se realizó utilizando cinta métrica se midió la altura de la planta, desde la base del suelo hasta la formación de la hoja dos y tres.

Circunferencia del tallo: Para esta actividad al igual que la altura se realizó un registro con una cinta métrica se tomó la circunferencia del tallo de la planta de plátano a una altura de 15 cm del suelo. Los datos fueron transformados con la siguiente fórmula.

$$diámetro = \frac{Circunferencia}{\pi}$$

Número de hojas: Esta actividad consistió en contar la cantidad de hojas que emergieron desde la siembra hasta llegar a parición para determinar si algún tratamiento presentaba una mayor cantidad de hojas. Durante esta actividad se realizó el manejo cultural del cultivo eliminando las hojas dañadas o enfermas.

2.1.3. Análisis de las variables

Con los datos registrados, en el programa de Excel se procedió a realizar el grafico de la curva de crecimiento para las tres variables: altura de la planta de plátano, diámetro del tallo

de la planta y el número de hojas por planta; con el objetivo de verificar en que tratamiento existió efecto del silicio.

2.2. Metodología para desarrollar el objetivo específico dos, referente a determinar la dosis de silicio que desarrolla un mejor racimo en cuanto a: número, longitud, diámetro de frutos, índice de maduración e índice de punta cigarro.

2.2.1. Descripción

La cosecha se realizó de acuerdo al cronograma de la empresa "Del Monte" de forma manual, los racimos de plátano se identificaron en campo antes de ser cortados para conocer la unidad experimental tomando en cuenta todas las plantas al azar con racimos de 11 semanas de edad (77 días) extrayendo cinco por tratamiento. Para determinar la calidad de racimo se realizó el "perfilado", esta práctica consistió en tomar los siguientes datos (componentes): cantidad de frutos (dedos de plátano) por racimo; largo del fruto; diámetro del fruto; frutos con pigmentos de maduración; frutos con punta cigarro provocado por el hongo *Misicillium theobromae*; (el racimo consta de cinco manos).

2.2.2. Variables evaluadas

Frutos totales por racimo: Para esta actividad únicamente se tomaron en cuenta los frutos aptos para exportación los cuales debieron cumplir con los requerimientos de longitud (10 pulgadas) y grado (diámetro medio del fruto 54mm), eliminando los frutos maduros o con presencia de punta cigarro, para la comparar frutos totales del racimo y frutos aptos para exportación.

Longitud de cada mano: De acuerdo con la empresa "Del Monte" se establece una longitud mínima para exportación de diez pulgadas iniciando en la parte carnosa del pedúnculo hasta la punta del fruto tal como se observa en la siguiente figura. Con ayuda de una cinta métrica se tomaron los datos.

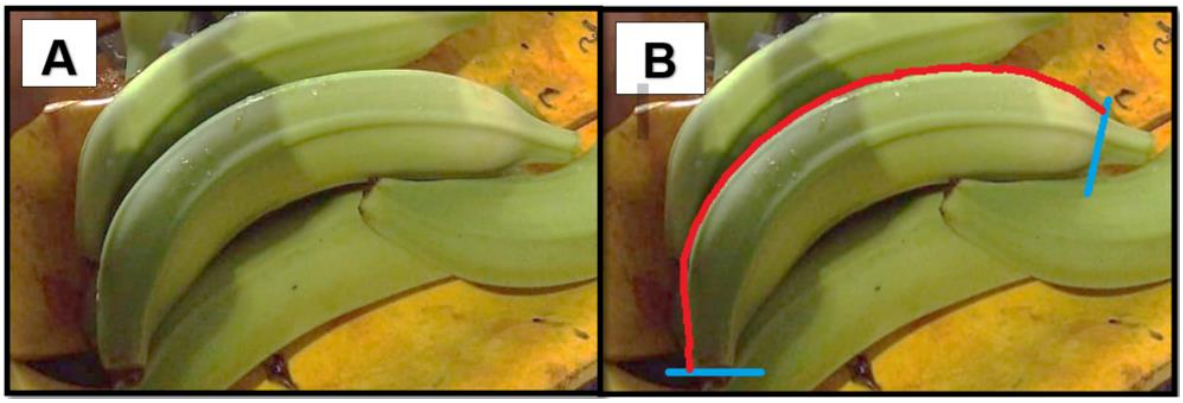

Figura 2. (A) fruto normal, (B) metodología para determinar el largo del fruto de plátano.

Se puede observar el método para obtener el largo del fruto de plátano en la fotografía B la línea roja simula la ubicación para colocar la cinta métrica.

Grado o diámetro de cada mano: Al igual que la longitud, la empresa "Del Monte" requiere de un grado o diámetro de 54 mm mínimo para exportación. Para esta actividad se utilizó un calibrador de resorte de 28mm a 60 mm, colocando el instrumento en la parte media del fruto de cada mano del racimo. En la figura se muestra el ejemplo de lectura de grado o diámetro del fruto de plátano.

Figura 3. Registro del grado (diámetro) del fruto en la parte media externa.

Se presentó como el calibrador de resorte se coloca en la parte externa del fruto de plátano precisamente en la parte media para obtener el grado o diámetro.

Número de frutos con pigmentos de maduración: Esta actividad consistió en contabilizar todo fruto que presentara maduración, el criterio de selección de acuerdo a la carta de colores para el cultivo de plátano para exportación "color 1" fruto completamente verde. Todo fruto que presentara pigmentación de color amarilla (ver figura cuatro) es descartado o considerado maduro.

Figura 4. Fruto en el círculo rojo considerado maduro.

Tal como se observa dentro del círculo rojo el fruto de plátano presenta pigmentación amarilla en la punta, el cual es descartado para la exportación.

Número de frutos con daño de punta cigarro: Punta cigarro es provocado por el hongo *Misicillium theobromae,* la cual provoca una necrosis que se distribuye desde la punta hacia la base del fruto corrugando al tejido el cual lo cubre con micelio y esporas que le otorga un aspecto de ceniza, provocando pudrición en la parte interna del plátano, por lo tanto, no es apto para exportación. Durante esta actividad se contabilizaron los frutos con los signos descritos (ejemplo de fruto dañado en la figura cinco) y se registraron en la base de datos

Figura 5. Frutos considerados con punta cigarro, no aptos para exportación.

Se puede observar los frutos de plátano de la figura cinco que en la punta presentan el signo de punta cigarro, los cuales ya no son aptos para ser empacados y exportados.

2.2.3. Análisis de las variables

Después del levantamiento de los datos u obtención del perfil de racimo de plátano, registrados y tabulados en Excel se procedió con el análisis estadístico de las variables, construyendo gráficas de barras para frutos totales del racimo versus frutos aptos para exportación; asimismo, se realizó las gráficas de las curvas de comportamiento del largo y diámetro del fruto de plátano.

El número de frutos con pigmentos de maduración y frutos con daños de punta cigarro, los datos fueron transformados para obtener el índice de maduración e índice de punta cigarro.

Para determinar el índice de maduración se utilizó la siguiente fórmula:

$$\boldsymbol{Indice\ de\ Maduros} = \frac{Frutos\ Maduros}{Frutos\ del\ racimo}$$

Para obtener el índice se utilizó la siguiente fórmula:

$$\boldsymbol{Indice\ de\ Punta\ Cigarro} = \frac{Frutos\ enfermos}{Frutos\ del\ racimo}$$

De igual manera, se empleó una tabla de evaluación (ver tabla siete) para comparar los datos de los racimos de cada tratamiento con el propósito de observar si alguno presento efecto en la calidad de los mismos.

2.3. Metodología para desarrollar el objetivo específico tres, referente a identificar el tratamiento que genere el factor real más alto de conversión de racimos a cajas.

2.3.1. Descripción

Para esta actividad se consideró la fruta apta para exportación, la cual se pesó con una balanza electrónica de 40 kg, considerando los requerimientos descritos en la tabla dos.

2.3.2. Diseño experimental y modelo estadístico

Para la evaluación del presente trabajo se utilizó el diseño completamente al azar (DCA), con cuatro tratamientos y cinco repeticiones; se utilizó este diseño puesto que las condiciones del área son homogéneas, las plantas de una sola variedad y de la misma edad que se estableció en el año 2022, con el mismo plan de fertilización y manejo del cultivo.

El modelo estadístico del diseño se describe a continuación:

$yij = \mu + \tau i + Eij$

$i = 1, 2, 3, \ldots, t$

$j = 1, 2, 3, \ldots, b$

yij= variable respuesta de rendimiento en factor de conversión cajas/racimo, en la j-ésima repetición.

Del i-ésimo tratamientos de dosis de Silicio.

μ= Media general.

τi= Efecto del tratamiento de Silicio.

Eij= Error aleatorio.

De acuerdo con el número de tratamientos a evaluar y el diseño experimental, se determinó el número de repeticiones tomando en cuenta los grados de libertad del error (GLe) sean mayores o iguales a 12.

GLe= t(r-1)

GLe= 5(4-1)

GLe= 15

De acuerdo a la fórmula anterior, se establecen cinco tratamientos y cuatro repeticiones, con lo cual se obtiene un dato mayor a 12.

2.3.3. Tratamientos a evaluar

Se realizaron cinco tratamientos con cuatro repeticiones de (SAT 35% de Si).

Tabla 4. Tratamientos a evaluar en la investigación.

Tratamiento	Silicato Agrícola Térmico (SAT) Kg/ha	Cantidad en % respecto a 150Kg
T1	75	50%
T2	150	100%
T3	225	150%
T4	300	200%
T5	Testigo	Testigo

Se presenta nuevamente la tabla de los tratamientos evaluados, para determinar si alguno presenta un mayor rendimiento de producción expresado en el factor real de conversión de cajas/racimos.

2.3.4. Unidad experimental

Fue comprendida con 20 plantas de plátano sin efecto de borde, el cual esta con un marco de siembra rectangular con cuatro metros entre calle y dos metros entre planta, por lo tanto, la unidad experimental cuenta con 336 m^2 la cual se presenta:

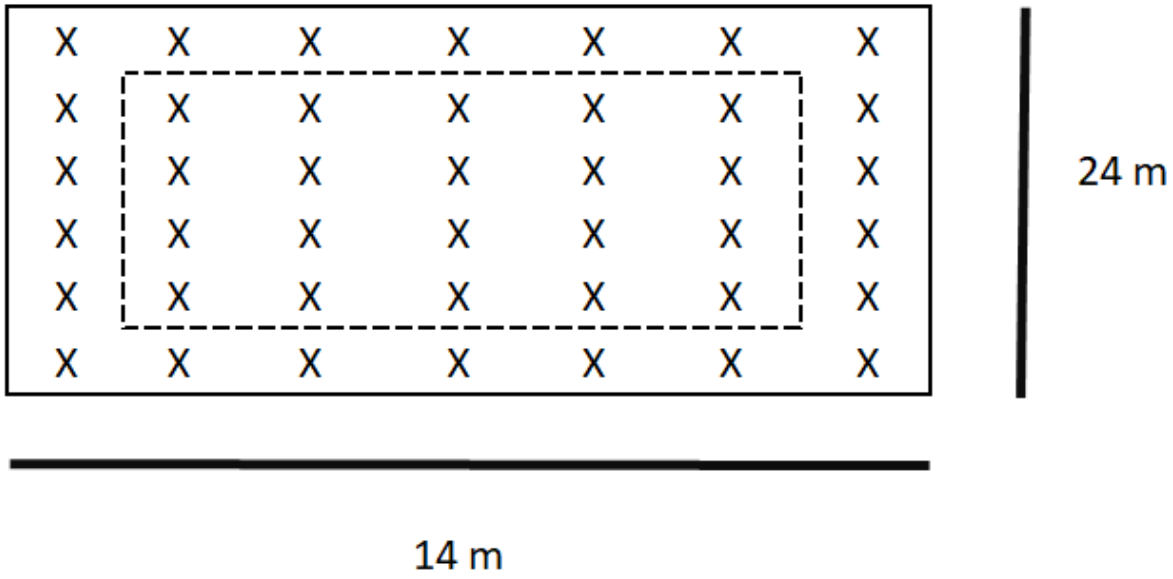

Figura 6. Diseño de la unidad experimental.

Como todo diseño experimental se consideró el efecto de borde delimitado con la línea puenteada dentro de la figura seis, los cuales son los considerados al momento de levantar los datos.

2.3.5. Distribución de unidades en campo del área experimental

Se presentan el croquis aleatorizado de la distribución de los tratamientos y repeticiones del diseño experimental.

Tabla 5. Distribución y localización de las unidades experimentales.

calle				N
T3R4	T2R3	T1R3	T1R4	
T2R2	T2R1	T4R4	T1R2	
T5R2	T2R4	T4R2	T3R1	
T4R3	T3R2	T5R3	T1R1	
T5R1	T4R1	T3R3	T5R4	Calle

Se puede observar de color café las calles de la finca para circulación de vehículos, y en las áreas verdes la aleatorización de los tratamientos dentro de la parcela de investigación ubicada en la zona válvula 22 (válvula de riego).

2.3.6. Variable evaluada

Peso de frutos en Kg: para determinar el tratamiento que desarrolle el mayor factor de conversión se tomó el peso de los frutos aptos para exportación los cuales cumpliesen con los requerimientos de: 10 pulgadas de largo, 54 mm de grado o diámetro y libre de daños. Para cada tratamiento evaluado.

2.3.7. Análisis de la variable

Para evaluar el rendimiento de producción los datos de los pesos fueron transformados al factor real de conversión utilizando la siguiente formula:

$$Factor\ Real = \frac{Kg\ de\ fruta\ apta\ para\ exportación}{24.5\ kg\ (peso\ de\ caja\ para\ exportación)}$$

Posterior a la tabulación de los datos se sometió al análisis estadístico ANDEVA al 5% a través del programa de infostat para determinar diferencias estadísticas significativas entre los tratamientos, de igual manera, se realizaría una prueba múltiple de medias según Tukey en caso de existir diferencias.

2.4. Metodología para desarrollar el objetivo cuatro, referente a realizar un análisis económico a través de costos parciales la aplicación de silicio en el cultivo de plátano.

2.4.1. Descripción

Para el análisis financiero se planteó un análisis de presupuestos parciales con los costos de producción de por hectárea más el costo de los tratamientos, ingreso bruto, ingreso neto; para obtener la relación de beneficio/costo y la rentabilidad, estos fueron basados al mercado actual.

2.4.2. Variables

Para realizar el análisis económico de la investigación se extrajeron los costos de producción por hectárea, el costo de cada uno de los tratamientos, el ingreso bruto y el ingreso neto para cada tratamiento, de acuerdo con el rendimiento de producción obtenido.

2.4.3. Análisis de las variables

Para presentar el análisis económico de la investigación se procedió a obtener la relación del beneficio/costo y la rentabilidad económica de cada tratamiento; para ello se implementaron las siguientes formulas.

$$\boldsymbol{Beneficio/Costo} = \frac{Ingreso\ Bruto}{Costo\ Total} \qquad \boldsymbol{Rentabilidad} = \frac{Ingreso\ Neto}{Costo\ Total}$$

Para aunar se construyó la tabla nueve de resumen de rendimiento de producción de cada tratamiento, agregando el análisis la extracción de silicio foliar.

3. Manejo agronómico de la investigación

Siembra: Antes de la siembra se realizó el trabajo de mecanización del suelo, realizando el subsuelo hasta 1 a 1.20 m de profundidad, luego una o dos veces el paso de la rastra para mullir los terrones de suelo para un mejor manejo de la siembra. Con ayuda de teodolito, cinta métrica (50 m), y cinta plástica (fleje) se realizó el trazo y el estaquillado con un marco de 4 m entre calle y 2 m entre planta.

Se inició la siembra del cultivo de plátano en la semana 16 del año 2022, un área de 96 ha, la cual se dividió en 36 sub-parcelas o válvulas (representan a válvulas de riego) las cuales constan de 1.5 a 3 ha. La investigación se realizó en la válvula #22.

Distribución de tratamientos: después de la siembra se procedió con la distribución de las unidades experimentales utilizando plaquetas de plástico de 0.25m*0.30m identificando el tratamiento y su repetición.

Aplicación de los tratamientos: cada dosis de los tratamientos evaluados se distribuyó en ocho aplicaciones (cada dos semanas) de la siguiente manera: 9.37 kg/ha; 18.75 kg/ha; 28.12 kg/ha; 37.5 kg/ha y testigo absoluto sin aplicación, utilizando el método manual localizado a la base del pseudotallo de la planta de plátano, cavando una zanja a media circunferencia con una profundidad de 5 cm para cubrir el fertilizante, a partir de la octava semana después de la siembra.

Fertilización: Para el cultivo de plátano se programó el plan de fertilización como a continuación se describe:

Tabla 6. Plan de fertilización de Hacienda la Esperanza.

Fertilizante	Kg/ha	Edad o frecuencia
Raizal	2	2 semanas, una aplicación.
K-tionic	2	2 semanas, una aplicación.
Triple 20	35	3 semanas, una aplicación.
Muriato de potasio	35	30 dds, una aplicación cada 2 semanas.
Nitrato de Calcio	70	30 dds, una aplicación cada 2 semanas.
dds= días después de la siembra.		

Se presentó el plan de fertilización para el cultivo de plátano, iniciando con aplicaciones de micro elementos y suplementos orgánicos, asimismo, se observa la dosis por hectárea y la frecuencia de aplicación de los nutrientes. Una sola aplicación de Raizal, K-tionic y triple 20; mientras que Muriato de potasio y Nitrato de calcio aplicados durante el ciclo vegetativo.

Registro de datos de crecimiento: Para la evaluación del crecimiento vegetativo, altura de la planta, diámetro del tallo y cantidad de hojas de las plantas por tratamientos se comenzó la toma de datos una vez por semana cuando estas presentaron la tercera hoja, hasta llegar la emergencia de la inflorescencia (Parición) para las tres variables.

Cosecha: La cosecha se realizó de forma manual, los racimos de plátano se identificaron en campo antes de ser cortados para identificar la unidad experimental donde se encontraban, se tomaron en cuenta todos los racimos dentro del área experimental, esta se realizó la semana siete del año en curso, para tomar los datos se utilizaron los racimos con 11 semanas de edad (77 días).

Perfilado de Racimos: Esta práctica consistió en tomar los siguientes datos: cantidad de frutos (dedos de plátano) por racimo; frutos con punta cigarro; frutos maduros; largo y diámetro de un fruto medio de cada mano del racimo (el racimo consta de cinco manos); para finalizar tomando el peso de los frutos únicamente aptos para exportación, de acuerdo con los requerimientos de la empresa exportadora “Del Monte”.

VI. PRESENTACION Y DISCUSION DE RESULTADOS

1. Evaluar el efecto de las dosis de silicio en el crecimiento del cultivo de plátano *M. paradisiaca*, en la altura, grosor del tallo y cantidad de hojas

1.1. Efecto en la altura de la planta del cultivo de plátano

Para el componente altura en metros de la planta de cultivo de plátano *M. paradisiaca,* se presentan a continuación los datos de investigación recopilados en campo (“Hacienda La Esperanza”) descritos en una gráfica lineal para observar el comportamiento del crecimiento en la altura, asimismo se presenta la figura ocho, en la cual se observa la altura de la planta madre y del hijo primario al momento de la cosecha.

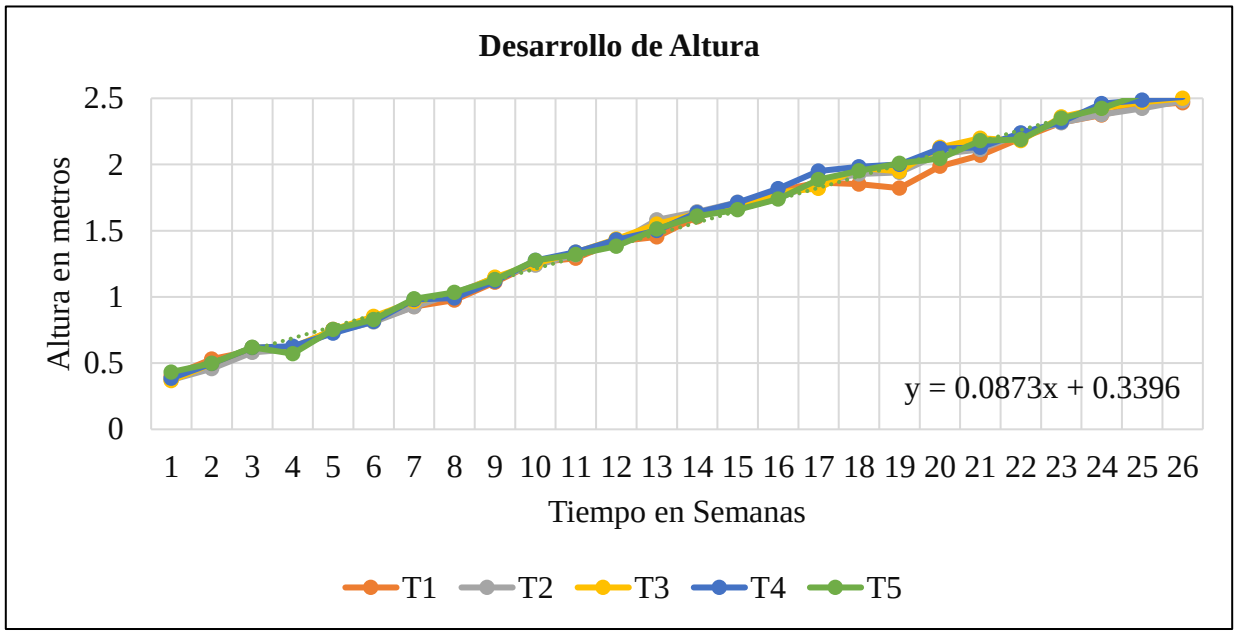

Figura 7. Curva de crecimiento de la altura del cultivo de plátano de los cinco tratamientos.

Se puede observar el comportamiento de las medias del efecto de las dosis de silicio en relación a la altura de las plantas de plátano, se registró el dato desde que la planta presentó una altura de 0.25m aproximadamente hasta la aparición del racimo (emergencia de la inflorescencia o bellota) aproximadamente 26 semanas, se puede apreciar que todos los

tratamientos presentaron un desarrollo uniforme, por medio de la gráfica se puede determinar que todos los tratamientos son iguales, y la siguiente figura presenta la altura de las plantas madre y del hijo primario al momento de la cosecha.

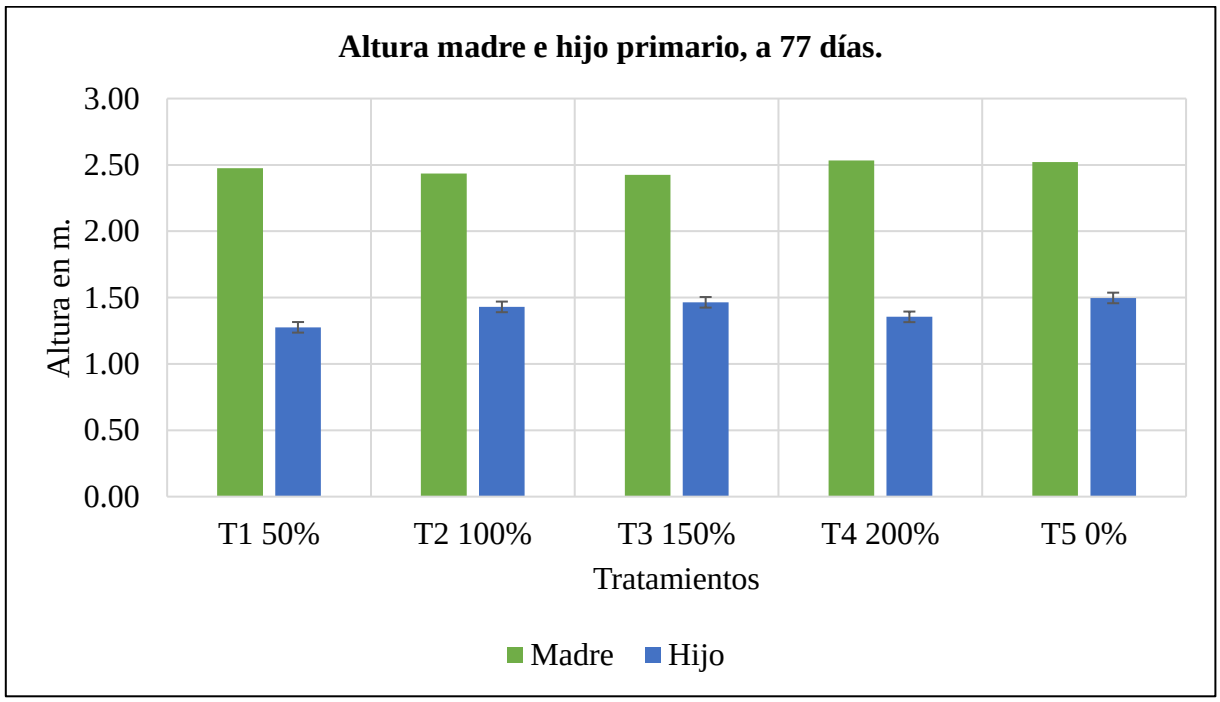

Figura 8. Gráfica de altura de la planta madre y del hijo primario al momento de la cosecha.

Tal como se observa en la figura, las plantas de plátano (madre) no presentan crecimiento en la altura una vez que haya emergido la inflorescencia (ver figura 7), esta concentra los nutrientes en la formación y desarrollo de los frutos, también, se puede apreciar el crecimiento del hijo primario para la regeneración del cultivo o segunda vuelta (R1), con lo que se describe que ningún tratamiento presenta mayor diferencia, por lo tanto, el tiempo para la cosecha seria el mismo.

1.2. Efecto en el diámetro de la planta del cultivo de plátano

Para el componente del crecimiento del diámetro de las plantas de plátano, se tomó la circunferencia del tallo a una altura de 0.15 m del suelo durante 26 semanas de crecimiento, este dato se registró hasta la parición del racimo (emergencia de la inflorescencia), y los datos se presentan en este gráfico descriptivo:

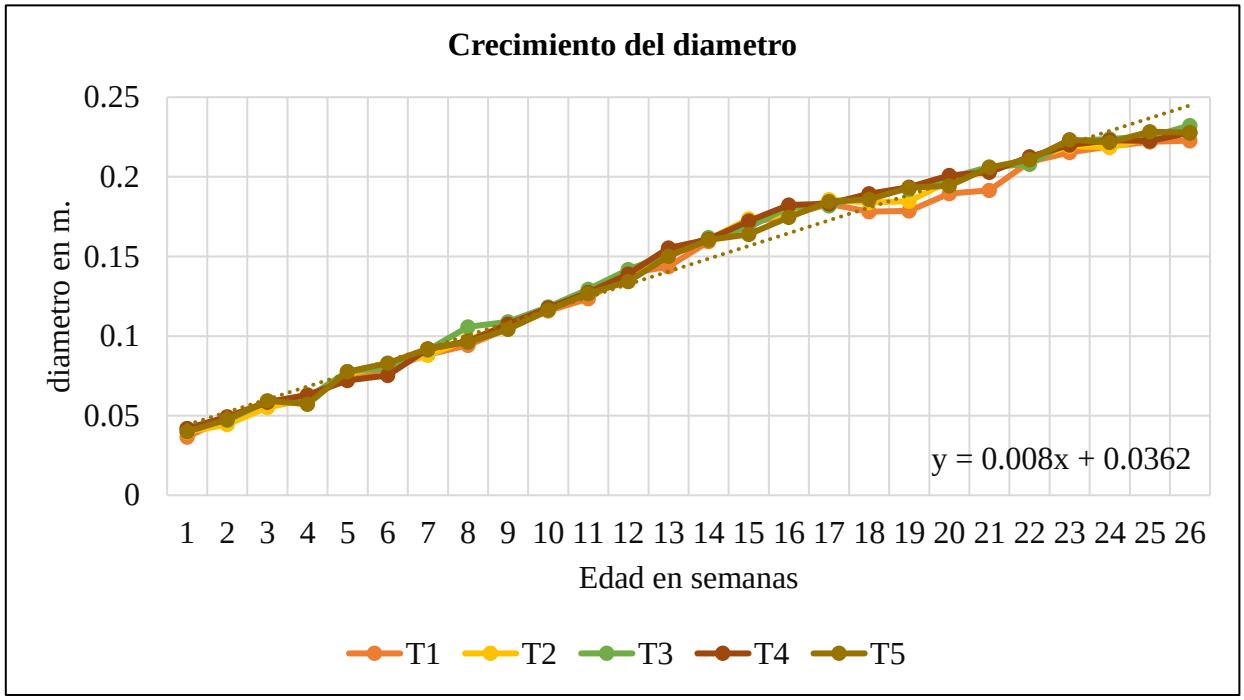

Figura 9. Gráfica del crecimiento del diámetro del cultivo de plátano de los cinco tratamientos.

Como se observa, todos los tratamientos mostraron un crecimiento uniforme del diámetro, se puede observar una pequeña desviación en los tratamientos uno y dos, de la semana 18 a la semana 22 luego vuelven al comportamiento semejante como los otros tratamientos. Con el gráfico descriptivo se puede determinar que todos los tratamientos son iguales en el diámetro del cultivo de plátano, esta variable fue considerada por temas fisiológicos que es de importancia ante factores climáticos como los vientos o las lluvias fuertes.

1.3. Efecto en el desarrollo de hojas del cultivo de plátano

Al igual que la altura y diámetro se registró el desarrollo de hojas del cultivo de plátano para evaluar si un tratamiento presentaba un mayor número de hojas, esta variable para coadyuvar al proceso fotosintético, los datos se registraron una vez por semana durante 26 semanas, con un gráfico lineal descriptivo se presentan los resultados:

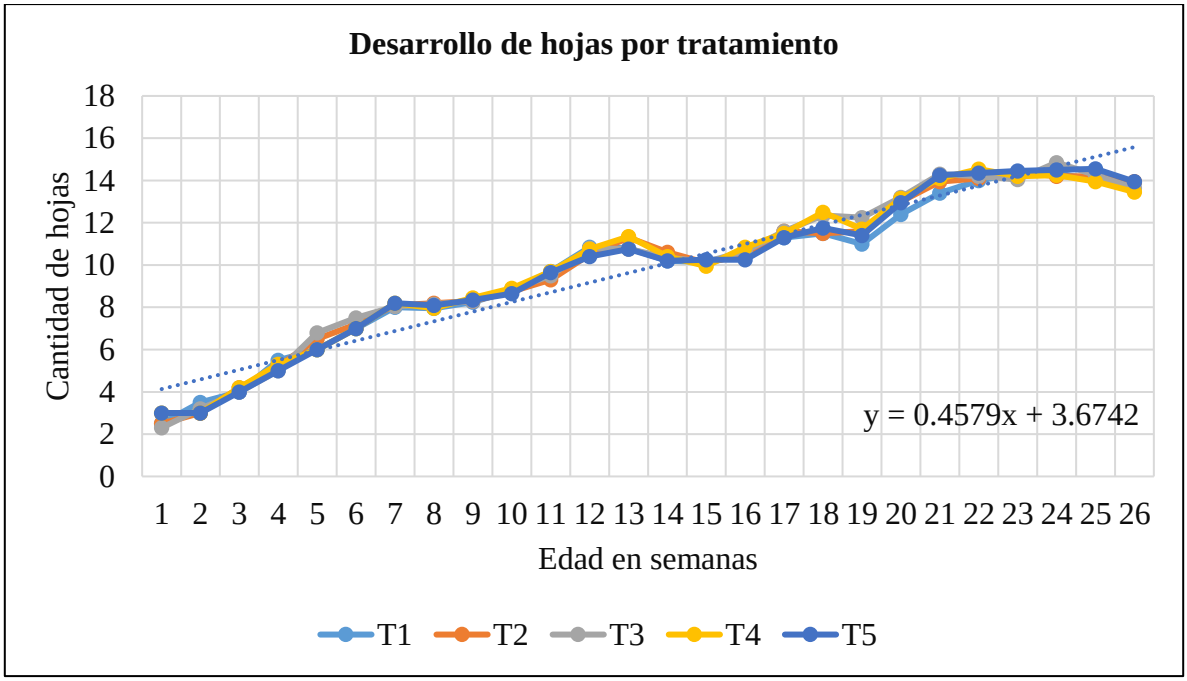

Figura 10. Grafica del número de hojas del cultivo de plátano de los cinco tratamientos.

Tal como se observa, todos los tratamientos demostraron una misma cantidad de hojas durante el crecimiento de las plantas, en algunas semanas se ve un declive de la curva puesto que se trabajó el despeje o deshoje como labor cultural por parte de finca, de acuerdo con la gráfica descriptiva se determina que todos los tratamientos son iguales.

2. **Determinar la dosis de silicio que desarrolla un mejor racimo en cuanto a: número, longitud, diámetro de los frutos; índice de maduración & índice de punta cigarro.**

A esta práctica se le conoce como perfil o perfilado de los racimos, para registro de los datos se consideraron las siguientes variables o componentes: Número de frutos o dedos aptos para exportación, longitud de frutos de cada mano, grado o diámetro de los frutos de cada mano, de igual forma, se obtuvieron los componentes de: índice de maduración y de frutos dañados con punta cigarro. Para llevar a cabo este procedimiento se cosecharon racimos de plátano del área experimental con una edad de 11 semanas (77 días).

2.1. Componente de numero de frutos por racimo

Se presenta en la figura 11, una gráfica descriptiva con los datos obtenidos de frutos totales versus frutos aptos para exportación.

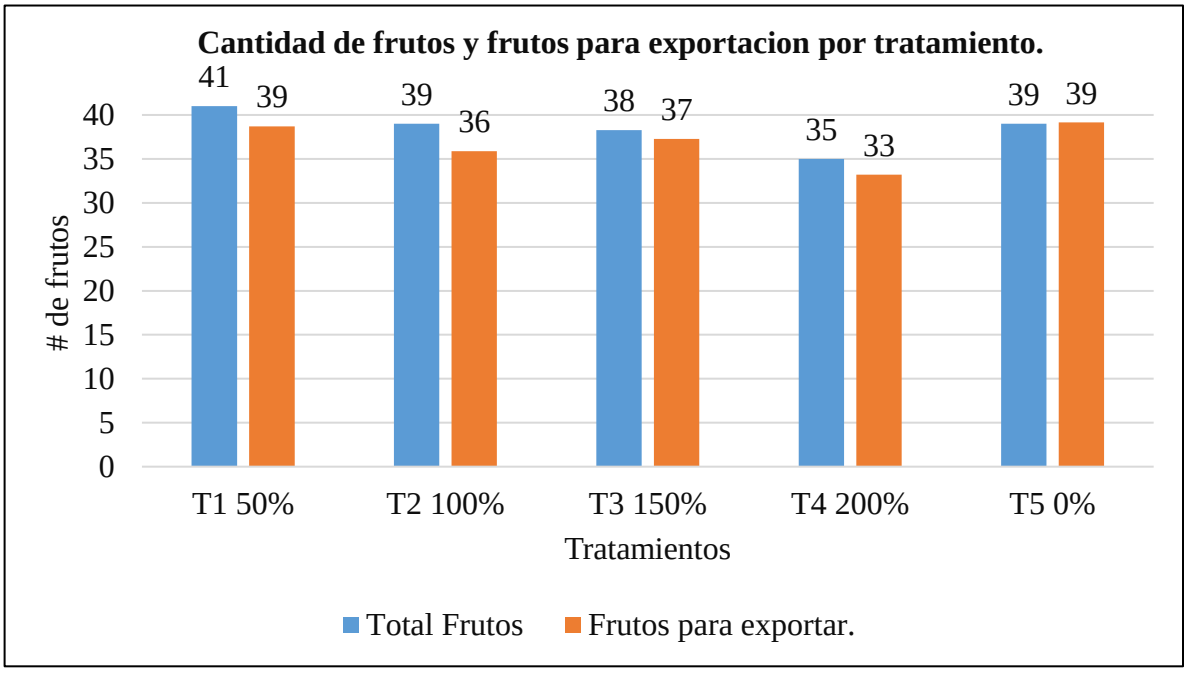

Figura 11. Cantidad de frutos totales y frutos para exportación de los racimos de plátano.

Se puede observar el rendimiento de cantidad de frutos por racimo de cada tratamiento evaluado, comparado con la cantidad de frutos aptos para exportación libres de daño por hongo, frutos maduros descartados y con largo y diámetro requerido, con lo cual todos los tratamientos presentaron un rendimiento similar, existe una desviación estándar de 2.41 calculada para los frutos aptos para exportación lo cual indica una diferencia de dos frutos, esperando un rendimiento de 35 frutos por racimo, se puede determinar que no existe mayor diferencia entre los tratamientos evaluados. Únicamente se observa un rendimiento bajo del tratamiento cuatro con 33 frutos, la cual se encuentra bajo de la media esperada. En la tabla siete se realiza el comparativo con un racimo ejemplar.

2.2. Componente largo del fruto de plátano

Para este componente se tomó el dato de largo de los frutos en pulgadas de cada mano que compone al racimo el cual en la "Hacienda La Esperanza" consta de cinco manos para una mejor calidad de frutos, por lo que se presentan en esta gráfica descriptiva.

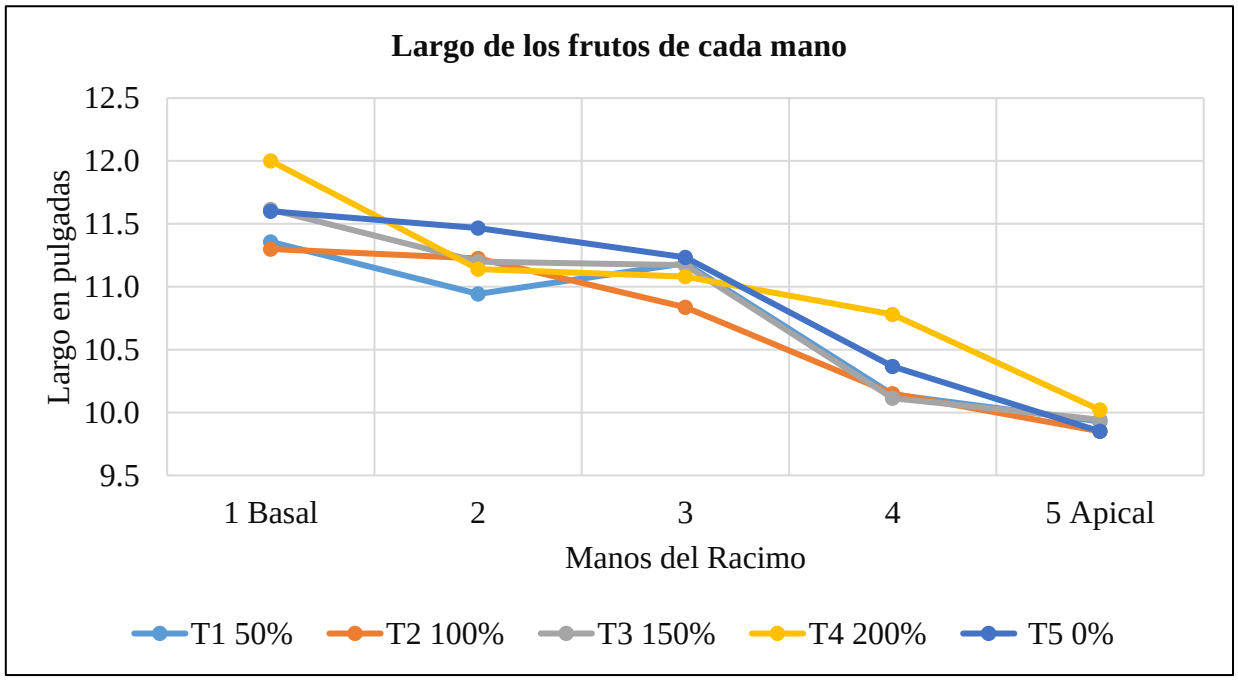

Figura 12. Comportamiento de la longitud de los frutos por mano de cada tratamiento.

De acuerdo con los requerimientos de la empresa exportadora “Del Monte”, los frutos para exportación deben presentar una longitud mínima de 10 pulgadas. Todos los tratamientos obtuvieron la longitud aceptable, desde la mano basal hasta la mano apical, se puede observar una decadencia de la longitud en cada mano lo cual es normal de acuerdo con la fisiología del cultivo, que los frutos basales presentan mejores condiciones que los frutos apicales, de acuerdo con la gráfica todos los tratamientos presentan un rango de 10.7 a 11 pulgadas, obteniendo una desviación estándar de 0.1 pulgadas que refleja una separación mínima de la media esperada, por lo tanto, se determinó que todos los tratamientos son estadísticamente iguales en la calidad de longitud de la fruta de plátano.

2.3. Componente grado o diámetro de los frutos de plátano

Uno de los componentes importantes para la producción de plátano es el grado o diámetro que estos presenten al momento de la cosecha, la empresa “Del Monte” requiere un grado o diámetro mínimo de 54mm. Los datos de cada tratamiento se presentan en el gráfico:

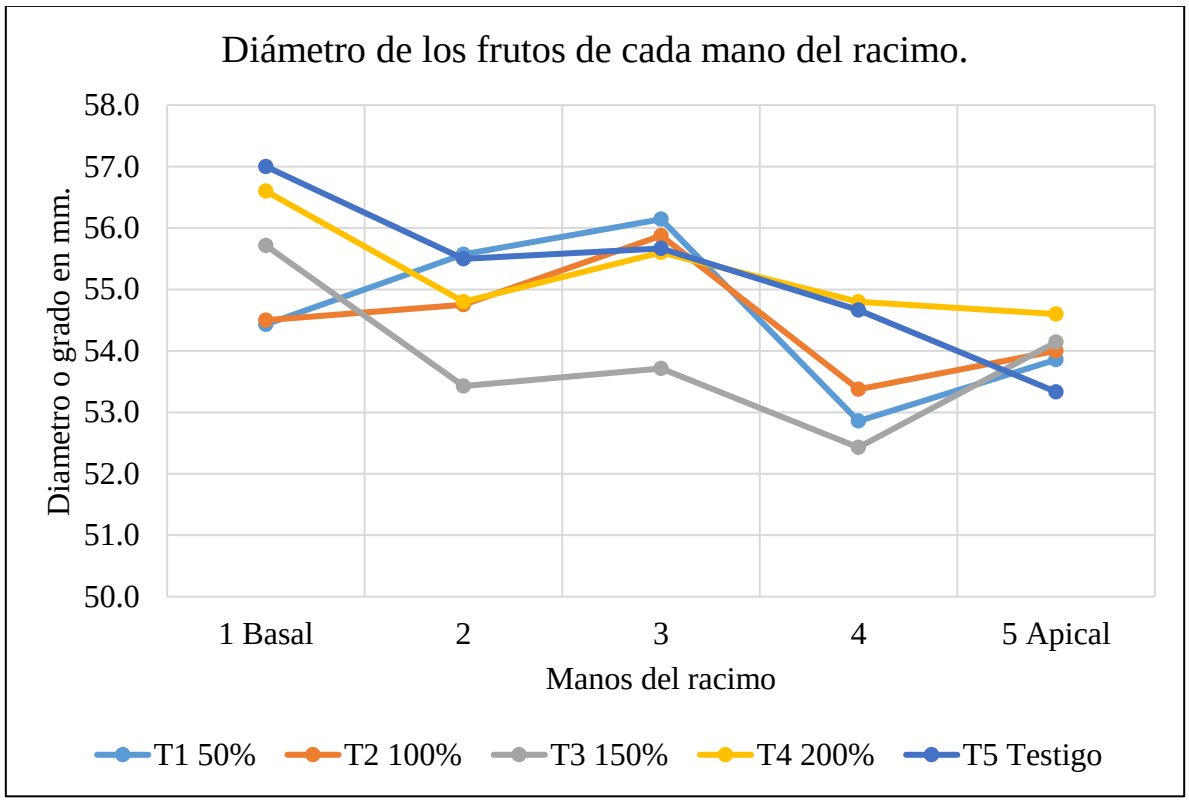

Figura 13. Comportamiento de los grados o diámetro de los frutos por cada mano de cada tratamiento.

Tal como se observa, los diámetros (grado o grosor) que presentaron los frutos de cada mano por cada tratamiento, se observa una leve deficiencia del tratamiento tres en la mano sub-basal, media y sub-apical, con grosor menor a 54mm. Robinson & Galan (2012), mencionan qué la mano apical del racimo tiende a presentar frutos hasta un 30% más pequeños en cuanto a la mano basal, (en este estudio se obtuvo una variación de 4%) y que comercialmente se busca la uniformidad de frutos en todo el racimo por el método de eliminación de manos apicales. Existió una desviación estándar de 1.7 mm de grado entre los tratamientos lo cual indicó que de la media esperada únicamente se aleja 1.7mm de diámetro, asimismo, la media de los tratamientos si presentan el valor de 54mm de grado, lo cual es aceptable para la exportación, se puede observar un comportamiento variable para cada tratamiento en las diferentes manos del racimo, únicamente el tratamiento uno y cinco mostraron un

comportamiento descendente con frutos con mayor grado en la mano basal hacia la mano apical, de acuerdo con Robinson & Galán (2012) el engrosamiento del fruto de plátano es gradual al ordenamiento de las manos del racimo, sin embargo, menciona desviaciones mínimas de acuerdo con la variedad o factores climáticos.

2.4. Componente índice de maduración

Con este componente se pretende observar si los tratamientos evaluados presentan frutos maduros con la maduración fisiológica en el campo a las 11 semanas de edad (77 días) para la cosecha, los datos se presentan:

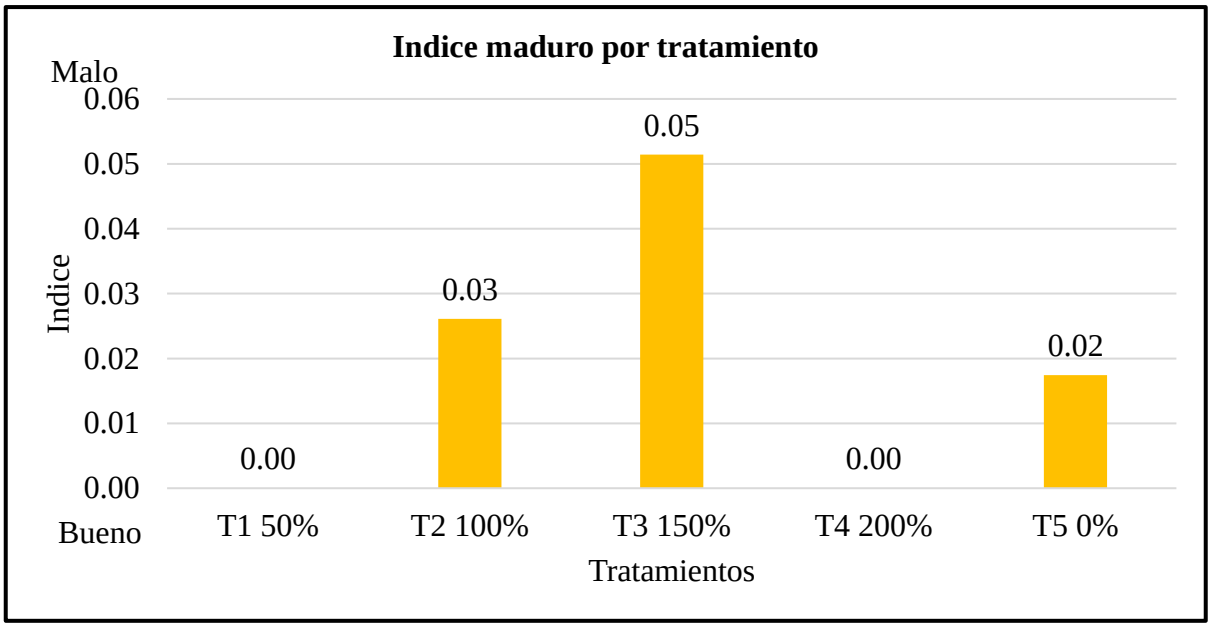

Figura 14. Índice de frutos maduros extraídos de cada tratamiento.

Se puede observar que el tratamiento que presentó mayor índice de frutos maduros fue el tratamiento tres, los tratamientos dos y cinco presentaron un índice de menor valor, y los mejores tratamientos en cuanto al índice de maduración fueron uno y cuatro, sin embargo, estos valores no presentan un riesgo que puede afectar a mayor rango la producción, se considera de importancia económica índices que representen más de cinco frutos maduros por cada cien.

2.5. Componente índice de punta cigarro daños por el hongo Misicillium theobromae

Ortiz (2017), uno de los problemas comunes que puede llegar a provocar pérdidas si no se realiza ningún control desde 15 a 50% en la producción de cultivo de plátano son frutos con punta cigarro provocados por el hongo *M. theobromae*. En la figura se presentan los índices que presentaron los tratamientos evaluados.

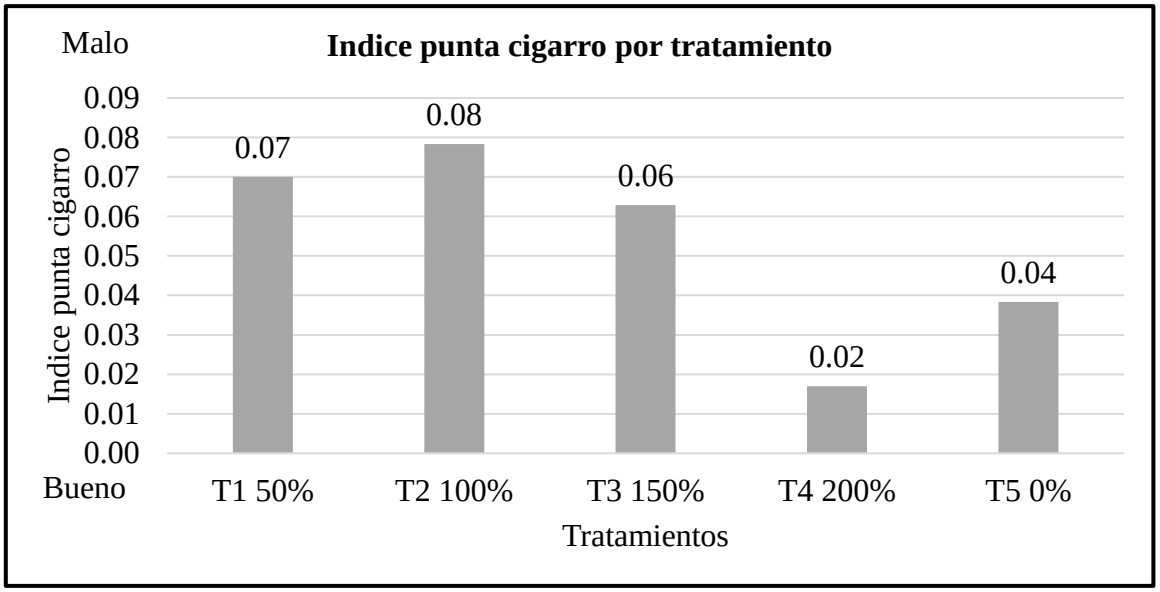

Figura 15. Índice de frutos con punta cigarro de cada tratamiento.

Se puede observar que los tratamientos uno, dos y tres presentaron un índice mayor a 0.05, lo cual determina que, por cada cien frutos habrá como mínimo seis frutos con problemas de punta cigarro, a comparación con los tratamientos cuatro y cinco que presentan un índice inferior a 0.05, con estadística descriptiva se determinó una desviación estándar de 0.02, que indica la diferencia mínima entre los tratamientos, por lo que, se puede concluir que todos los tratamientos son iguales en cuanto la presencia de frutos con problemas de punta cigarro.

Para comparar los racimos obtenidos de cada tratamiento se construyó la siguiente tabla, que presenta el resumen de los resultados de cada componente, asimismo, la extracción de silicio foliar y el rendimiento de producción por hectárea.

Tabla 7. Evaluación de la calidad de los racimos obtenidos de cada tratamiento.

Racimo Esperado	**Extracción de silicio**	**Grado**	**Largo**	**Índice de maduro**	**Índice punta cigarro**	**Número de frutos**	**Producción kg/ha**
	% P/P	≥ 54 mm	≥ 10 pulg.	≤ 0	≤ 0	≥ 35 frutos	≥ 12,800
T1	0.85	54.6	10.7	0	0.07	39	13,342.36
T2	1.37	54.5	10.7	0.03	0.08	36	11,810.12
T3	0.98	54	10.8	0.05	0.06	37	11,274.16
T4	1.08	55.3	11	0	0.02	33	12,922.53
T5	0.88	55.2	10.9	0.02	0.04	39	13,965.86

En la tabla de evaluación se observa el comportamiento de cada uno de los tratamientos en el efecto de la calidad del racimo de plátano, obviando el rendimiento de producción se denota un efecto positivo con diferencia mínima en el tratamiento cuatro (300 kg/ha de Silicato Agrícola Térmico, extrayendo 1.08% de silicio de las hojas), con el mayor largo de fruto, cero índice de maduración, 0.02 índice de punta cigarro (siendo el mínimo en todos los tratamientos) aunque el menor número de frutos, pero un grado alto y largo óptimo que genera un rendimiento de producción de 12,922.53 kg. Seguido del tratamiento cinco (sin aplicación) con excelentes parámetros (mayor rendimiento de producción) significa que, posiblemente el suelo de la “Hacienda la Esperanza” si tenga silicio asimilable para las plantas de plátano (presentando 0.88% en la extracción foliar), al tratarse de suelos de origen volcánico (Andisol), con textura areno-arcilloso (27% de arcilla) y 7.1% de materia orgánica; en comparación con Zakaria (2018) obtuvo 0.33% de silicio en la ceniza de la cascara de plátano. Económicamente no resulta factible la aplicación de Silicato Agrícola Térmico en la “Hacienda la Esperanza”.

3. Determinar el tratamiento que genere el factor real más alto de conversión de racimos a cajas.

Para el componente de la variable de factor de conversión de cultivo de plátano, se presenta a continuación los datos de la investigación recopilados en el proceso del perfil. Para determinar el factor real de conversión de racimos a cajas, se utilizó el peso estándar de 24.5 Kg (peso de la caja para exportar), y así mismo se presenta el análisis estadístico correspondiente para determinar diferencias significativas.

Tabla 8. Medias del factor real de conversión de cajas/racimos.

Trata/repe.	**Repeticiones**				**Media**
	I	**II**	**III**	**IV**	
T1 50%	0.55	0.49	0.54	0.49	0.52
T2 100%	0.43	0.44	0.53	0.43	0.46
T3 150%	0.53	0.35	0.37	0.50	0.44
T4 200%	0.57	0.51	0.57	0.36	0.50
T5 0% (Testigo)	0.51	0.52	0.61	0.53	0.54

Se puede observar que los tratamientos uno, cuatro y cinco, presentaron el factor de conversión esperado por finca con una media de 0.52, 0.50 y 0.54, sin embargo, se presenta el análisis de varianza para todos los tratamientos:

Tabla 9. Análisis de varianza del factor real de los tratamientos evaluados.

FV	**GL**	**SC**	**CM**	**F**	**P>F**
Tratamientos	4	0.03	0.01	1.62	NS 0.2215
Error	15	0.07	0.0004		
Total	19	0.1			
CV	13.75	(NS) no significativo; * diferencia significativa.			

De acuerdo con la tabla, las diferentes dosis de silicio, no desplegaron diferencia significativa sobre el factor de conversión de racimos a cajas, esto relacionado a los diferentes componentes evaluados, demuestra que no existe diferencia significativa entre los tratamientos, por lo tanto, no se procedió a la realización de prueba de medias, así mismo, se puede observar el coeficiente de variación de 13.75, lo cual permite describir que la investigación tuvo el manejo adecuado. El tratamiento testigo o sin aplicación presentó un mejor factor de conversión, por lo tanto, se puede determinar que la aplicación de silicio, para el rendimiento de producción en cultivo de plátano no es significativo, los datos se reflejan en las gráficas descritas en la sección de resultados.

Tal como menciona Nascimiento (2020), se han realizado diferentes y numerosos ensayos con este elemento y sin embargo, la respuesta del efecto ha sido muy variada para cada cultivo; en algunos cereales y cultivos de hortalizas ha demostrado un mejor rendimiento de producción y mejorías en la capa epidérmica fortaleciendo y promoviendo la resistencia a plagas y enfermedades tal como menciona Puerta (2014) en la investigación de la aplicación de silicio para el control de Sigatoka Negra, en el cultivo de banano, y que recomienda la aplicación para conocer más sobre el efecto que este puede tener en los rendimientos de producción, no obstante, Vindas (2012) menciona que la aplicación de silicio no presentó diferencias en crecimiento y rendimiento en el cultivo de banano, pero, los tres autores mencionados anteriormente, concluyen que el sílice sí tiene efecto cuando los cultivos se encuentran bajo algún tipo de estrés ya sea hídrico o de suelo ácido o problemas de aluminio. Por lo tanto, en esta investigación se reafirma que las dosis de silicio agregado al plan de fertilización no provocan efectos para mejorar los rendimientos de producción en el cultivo de plátano en la variedad Curare enano, pueda ser que exista beneficios cuando el cultivo se encuentre bajo algún tipo de estrés, y tal como se observa en los resultados (ver anexo 18) de

los análisis químicos del suelo realizados en 2021 la finca no tiene problemas de acidez de suelos.

Se presenta el resumen de los resultados del rendimiento y para aunar, resultados obtenidos del análisis químico foliar de extracción de silicio de los tratamientos.

Tabla 10. Resumen de resultados de rendimiento y análisis químico foliar de silicio.

Tratamientos		**Factor Cajas/racimos**	**Peso en Kg**	**cajas/ha/año**	**Silicio (% P/P)**
T1 50%	75 kg	0.52	12.70	1092	0.85
T2 100%	150 kg	0.46	11.24	966	1.37
T3 150%	225 kg	0.44	10.73	924	0.98
T4 200%	300 kg	0.50	12.30	1050	1.08
T5 Testigo	0 kg	0.54	13.30	1134	0.88

La absorción y distribución de Si está coordinado por las proteínas transportadoras llamadas “Low Silicon” identificadas Lsi1 y Lsi2 en especies de gramíneas, no aclarado para otras especies, el Si entra por las células de la exodermis de forma pasiva a través de la Lsi1 y Lsi2 el cual es transportado hacia la endodermis por medio de las mismas proteínas Lsi1 y Lsi2 impulsado por el gradiente de protones para liberar el Si a la estela para ser trasportado hacia los órganos de la planta (raíz, tallo, hojas y frutos) por medio del xilema. Tal como menciona Nascimiento (2020), indica que la concentración de sílice en las diversas especies de plantas oscila entre el 0.1 al 10% de su peso seco y en el estudio de extracción de sílice a partir de cenizas realizado por Zakaria (2018), se obtuvo 0.35% de la cáscara de plátano. Se puede observar en la tabla diez de resumen de resultados, la concentración de sílice no presentó un incremento paralelo gradual al peso medio de los frutos, siendo el T2 con mayor porcentaje de extracción de Si, el cual presenta un rendimiento de peso bajo la media esperada (12.30 Kg). Sin embargo, el T5 testigo absoluto presentó 0.88% a comparación del 0.85% del T1

(75 Kg/ha de Silicato Agrícola Térmico) lo que indica que el suelo de la “Hacienda la Esperanza” si contiene Si disponible para las plantas al tratarse de suelos de origen volcánico. En esta investigación no se obtuvo diferencia significativa en el rendimiento de producción, calidad del racimo y en el crecimiento vegetativo al aplicar Si. Al ser un producto de origen natural es de importancia seguir realizando investigaciones para estandarizar los efectos tanto en el cultivo de plátano, en la región y para otras especies, ya que este ha demostrado ser una alternativa para factores bióticos o abióticos en diferentes especies y condiciones.

4. Realizar un análisis económico a través de costos parciales la aplicación de silicio en el cultivo de plátano.

Para fines de cálculo se tomaron datos del mercado actual, el precio de una caja de exportación con un precio de Q 117.90 Según "Del Monte", con una rentabilidad mínima de 40% sobre la producción, se estima un costo por ha de Q 77,247.64, para el análisis financiero de los tratamientos evaluados, se presenta la tabla, en el cual se determina la rentabilidad para los tratamientos estudiados.

Tabla 11.Análisis de los costos de producción de los tratamientos evaluados.

Tratamiento	Cajas/Ha año	Ingreso Bruto Q	Costos totales Q	Ingreso Neto Q	Beneficio Costo Q	Rentabilidad
T1 75 kg	1092	128,746.06	77,724.74	51,021.33	1.66	66%
T2 150 kg	966	113,890.75	78,201.84	35,688.91	1.46	46%
T3 225 kg	924	108,938.98	78,678.94	30,260.04	1.38	38%
T4 300 kg	1050	123,794.29	79,156.03	44,638.26	1.56	56%
T5 Testigo	1134	133,697.83	77,247.64	56,450.20	1.73	73%

Tal como se observa en la tabla de los costos parciales, el tratamiento cinco (testigo absoluto) presentó la mayor rentabilidad de 73%, este tratamiento fue sin aplicación, que obtuvo el mayor rendimiento de producción de cajas/ha/año de 1,134 unidades y un ingreso neto de Q 56,450.20. De acuerdo con los análisis cuantitativos no existe diferencia entre los tratamientos, sin embargo, económicamente si se observa una diferencia significativa.

VII. CONCLUSIONES

1. Para la evaluación del efecto de las dosis de sílice en el crecimiento del cultivo de plátano en los componentes altura, diámetro y cantidad de hojas, no se observa diferencia significativa entre los tratamientos.
2. Los racimos de cada tratamiento presentaron características cuantitativas y cualitativas similares, por lo tanto, ningún tratamiento tuvo efecto sobre la calidad del racimo de plátano.
3. Según el ANDEVA, para el factor real de conversión (cajas/racimos), con un nivel de significancia al 5%, no existe diferencia significativa entre los tratamientos, sin embargo, el tratamiento Testigo absoluto (sin aplicación) presentó el mayor factor de conversión real con 0.54, seguido del T1 (75 kg/ha) con 0.52 y T4 (300 kg/ha) 0.50 esperado por la finca.
4. De acuerdo con el análisis químico foliar de extracción de sílice en % del peso, el suelo de la "Hacienda la Esperanza" contiene Si disponible para las plantas, puesto que el T5 (testigo absoluto) presentó un 0.88% mientras que el T2 (150 kg/ha) presento 1.37% seguido del T4 (300 kg/ha) presentó 1.08%.
5. No existió diferencia estadística significativa del rendimiento entre los tratamientos, el T5 (Testigo absoluto) presentó el mejor rendimiento de producción con 1134 cajas/ha/año con una rentabilidad de 73% y el T1 (75 Kg/ha) con 1092 cajas/ha/año con una rentabilidad de 66%.

VIII. RECOMENDACIONES

1. No se sugiere la aplicación de silicio para aumentar el crecimiento vegetativo para las variables altura, diámetro o número de hojas en el cultivo de plátano. Ni tampoco para mejorar la calidad de los racimos de plátano en cuanto a los requerimientos de exportación, debiéndose evaluar otras variables.
2. De acuerdo con los resultados del factor real de conversión, no se propone la aplicación de silicio distribuida en conjunto con el plan de fertilización para coadyuvar al rendimiento de producción del cultivo de plátano, puesto que el mejor tratamiento fue T5 (testigo, sin aplicación).
3. Se sugiere continuar la evaluación del silicio para estandarizar los efectos y metodologías de aplicación para el cultivo de plátano.
4. Según el análisis estadístico todos los tratamientos fueron iguales, sin embargo, el análisis económico muestra que no es factible la aplicación de silicio para el rendimiento de producción del cultivo de plátano.

IX. REFERENCIAS

Castellón, K. Y. (2017). *Comportamiento agronómico del cultivo de plátano variedad curare, en Nicaragua, Costa Caribe Norte.* Ciencia e Interculturalidad. https://camjol.info/index.php/RCI/article/view/5605

Centro Guatemalteco de Investigación y Capacitación de la Caña de Azúcar. (CENGICAÑA). (2011). *Respuesta de la caña de azúcar al silicio en dos suelos de la zona cañera de Guatemala*. https://cengicana.org/files/20150828053613123.pdf

Céspedes, A. V. (Diciembre de 2017). *Prácticas efectivas para la reducción de impactos por eventos climáticos en el cultivo de banano en Costa Rica*. *Corporación banaenera nacional (CORBANA)*. https://www.mag.go.cr/bibliotecavirtual/F01-8205.pdf

España, J. (2016). *Evaluación del silicio en el desarrollo de café en invernadero Esquipulas, Chiquimula.* [Tesis de Ciencias Agrícolas con énfasis en Gerencia Agrícola. Facultad de Ciencias Ambientales y Agrícolas. Universidad Rafael Landivar, Zacapa]. http://recursosbiblio.url.edu.gt/tesiseortiz/2021/06/14/Lopez-Jonatan.pdf

Garcia, J. A. (2011). *Evaluación de dosis de silicio en el rendimiento del pepino hibrido (Cucumis sativos L.) variedad Stonewall F1, Lamas, San Martin.* [Tesis de Agronomía. Facultad de Ciencias Agrarias. Universidad Nacional de San Martín, Tarapoto]. https://repositorio.unsm.edu.pe/bitstream/11458/1181/1/ITEM%4011458-436.pdf

Garnica, A. M. (1995). *El Cultivo de plátano en los llanos orientales, aspectos generales y principales labores.* Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria (CORPOICA). http://bibliotecadigital.agronet.gov.co/bitstream/11348/4031/1/20061127152826_El%20c ultivo%20del%20platano%20llanos.pdf

Instituto Geográfico Nacional. (IGN). (2016). *Aspecto germorfológicos, geológicos y edáficos.* Vicerrectoría de Investigación y Proyección Universidad Rafael Landivar. https://sie.url.edu.gt/mt-aspectos-geomorfologicos-geologicos-y-edaficos/

León, J. D. (2000). *Botánica de los cultivo tropicales.* Instituto Interamericano de Cooperación parala Agricultura (IICA). https://repositorio.iica.int/handle /11324/ 7228

Méndez, F.de J. (abril de 2019). *Efecto del silicio en planas sometidas a estrés salino.* [Tesis de Doctor en Ciencias Agrícolas. Facultad de Agronomía. Universidad Autónoma de Nuevo León, México]. http://eprints.uanl.mx/18339/1/1080289153.pdf

Monares, V. J. (2017). *Evaluación de tres dosis de fosfito de potasio para prevención de sigatoka negra (Mycosphaerella fijiensis), en el cultivo de plátano (Musa paradisiaca), en finca "La Vega", Retalhuleu*. [Tesis de Agronomía Tropical. Universidad San Carlos de Guatemala, Centro Universitario de Suroccidente, Mazatenango, Suchitepéquez]. http://www.repositorio.usac.edu.gt/7893/1/Documento%20de%20graduacion.pdf

Montero, F. (julio de 2020). *Moko en banano (Ralstonia solanacearum*). Universidad de Costa Rica. https://www.ingbiosistemas.ucr.ac.cr/wp-content/uploads/2020/09/BoletinMoko.pdf

Nascimiento, K. (2020). *Influencia del silicio en la respuesta a estreses abióticos y bióticos en plantas leñosas.* [Tesis de Doctorado en Ingeniería Agraria, Alimentaria, Forestal y del Desarrollo Rural Sostenible. Departamento de Agronomía. Universidad de Córdoba].https://helvia.uco.es/xmlui/bitstream/handle/10396/21213/202100000220 4.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Ordoñez, V. E. (2014). *Evaluación del Silicio en el cultivo de banano en la zona Atlántica de Costa Rica.* [Trabajo de Graudación. Facultad de Ciencias Agricolas. Universidad

EARTH]. http://bsi.earth.ac.cr/ProyectosDeGraduacion/pdf/PG432014_VarelaV_VelasquezF%20(1).pdf

Ortiz, C. M. (2017). *Etiología de la enfermedad punta de cigarro en plantaciones de banana en las provincias de Salta y Juyuy.* [Tesis de Magister en Ciencias Agrarias. Facultad de Ciencias Agronomicas. Universidad Nacional de Mar del Plata]. https://repositorio.inta.gob.ar/xmlui/bitstream/handle/20.500.12123/7319/INTA_CRSaltaujuy_EEAYuto_Ortiz_CM_Etiologia_enfermedad_punta_de_cigarro_banana.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Paz, J. M. (2002). *Evaluación de bokashi y micorriza VAM en el desarrollo de plátano Curare Enano en vivero*. [Trabajo de Graduación en Ciencia y Producción Agrícola. Universidad Zamorano]. https://bdigital.zamorano.edu/bitstream/11036/2191/1/CPA-2002-T080.pdf

Plantix. (2019). *Mosca de encaje del Banano.* https://plantix.net/es/library/plant-diseases/600126/banana-lace-wing-bug

Puerta, D. A. (2014). *Evaluación del efecto de la aplicación de silicio asimilable en banano (Musa AAA), para el control del hongo Mycosphaerella fijiensis y el fitonemádo Radophulos similis.* [Tesis de Grado de Maestría en Ciencias Agrarias. Universidad Nacional de Colombia]. https://marianovargasblog.files.wordpress.com/2017/09/a-carrillo-capacitac ic3b3n-costa-rica.pdf

Robinson y Galan. (2012). *Plátanos y Bananas*. Instituto Canario de Investigaciones Agrarias.https://books.google.es/books?hl=es&lr=&id=mAv3EQAcgZ8C&oi=fnd&pg=PA23&dq=como+se+forma+el+fruto+de+platano+&ots=7BxTtt_0XX&sig=ZcHj0PqXTWDiPxFCoXricNF1WsU#v=onepage&q=como%20se%20forma%20el%20fruto%20de%20platano&f=false

Rosales, W. G. (2017). *Evaluación de ácaro depredador Neoseiulus californicus y malezas, para el control de araña roja Tetranychus spp en banano Musa sapientum Finca*

Santa Irene. Santo Domingo Suchitepéquez. [Trabajo de Graduación de Agronomía Tropical. Universidad San Carlos de Guatemala, Centro Universitario de Surccidente, Mazatenango, Suchitepéquez. GT]. http://www.repositorio.usac.edu.gt/7909/1/22Tg%28799%29Agr.pdf

Salazar, G. (2011). *Cultivo de Plátano, Las Virtudes del Silicio.* Investigación Aplicada del Instituto Tecnológico Superior de Uruapan. https://cultivodeplatano.com/2011/05/18/las-virtudes-del-silicio/

Salazar, J. F. (2019). *El Silicio (Si) como mineral multifuniconal en la agricultura.* [Trabajo de Graduación de Ingeniero Agrónomo. Facultad de Ciencias Agropecuarias. Universidad Técnica de Babahoyo]. http://dspace.utb.edu.ec/bitstream/handle/49000/6805/E-UTB-FACIAG-ING%20AGRON-000200.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Santizo, M. A. (2012). *Impacto sobre el rendimiento del cultivo plátano (Musa paradisiaca L.) producto de la introducción de la variedad Currare Enano Dominico Harton (AAB, Chifle), en parcelamiento La Blanca, Ocós, San Marcos, en el periodo 2004-2009.* [Tesis de Ciencias Agrícolas con énfasis en Cultivos Tropicales. Facultad de Ciencias Ambientales y Agrícolas. Universidad Rafael Landivar, Coatepeque]. http://biblio3.url.edu.gt/Tesario/2012/06/17/Solorzano-Melvin.pdf

Tello, L. A. (2019). *Caracterización botánica y evaluación preliminar del rendimiento en tres ecotipos de Musa paradisiaca L.* [Tesis de Grado para Ingeniero Agrónomo. Facultad de Ciencias Agrarias, Universidad Nacional San Martín, Tarapoto]. https://repositorio.unsm.edu.pe/bitstream/11458/3601/1/AGRONOMIA%20%20Liz%20Anel%20Marisol%20Mozombite%20Tello.pdf

Toala y Martillo. (2022). *Evaluación de dos formas de aplicación de silicio con dos dosis en plantas in vitro en el cultivo de banano (Musa acuminata AAA).* [Tesis de Grado para Ingeniero Agrónomo. Universidad Agraria del Ecuador].

https://cia.uagraria.edu.ec/Archivos/TOALA%20VERA%20WASHINGTON%20GABRIEL.pdf

Torre, C. F. (2013). *Plan de fertilización del cultivo de plátano*. [Informe de Fertilidad de suelo. Facultad de Agronomía. Universidad Nacional Agraria la Selva, Perú]. https://es.slideshare.net/jafethoyosynuma/156036518-plandefertilizacionenplatano

Vindas, F. A. (2012). *Efecto de la fertilización edáfica con dos fertiizantes silicatados sobre el pH y el alumunio intercambiable del suelo, la severidad de la Sigatoka negra y la producción del banano.* [Proyecto de Graduación. Facultad de Agronomía. Instituto Tecnológico de Costa Rica]. https://repositoriotec.tec.ac.cr/handle/2238/4018#::text=Los%20resultados%20de%20la%20presente,investigaciones%20desarrolladas%20en%20otros%20cultivos.

Xic, F. H. (Febrero de 2021). *Evaluación del efecto de fuentes de silicio en el rendimiento de cebolla Zunil Quetzaltenango.* [Tesis de Ciencias Agrícolas con énfasis en Gerencia Agrícola. Facultad de Ciencias Ambientales y Agrícolas. Universidad Rafael Landivar, Quetzaltenango]. https://recursosbiblio2.url.edu.gt/tesiseortiz/2021/06/14/Huix-Francisco .pdf

Zakaria, Z. (Octubre de 2018). *Síntesis de sílice verde a partir de residuos agrícolas por método sol-gel.* Investigación integrada de Instituto Malasio de Tecnología Química y Bioingeniería. Universidad Kuala Lumpur. https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S221478531831842X

Vo.Bo.

Licda. Ana Teresa Cap de González
Bibliotecaria-CUNSUROC-

CENTRO UNIVERSITARIO DE SUR-OCCIDENTE
BIBLIOTECA
U.S.A.C. Mazatenango

X. ANEXOS

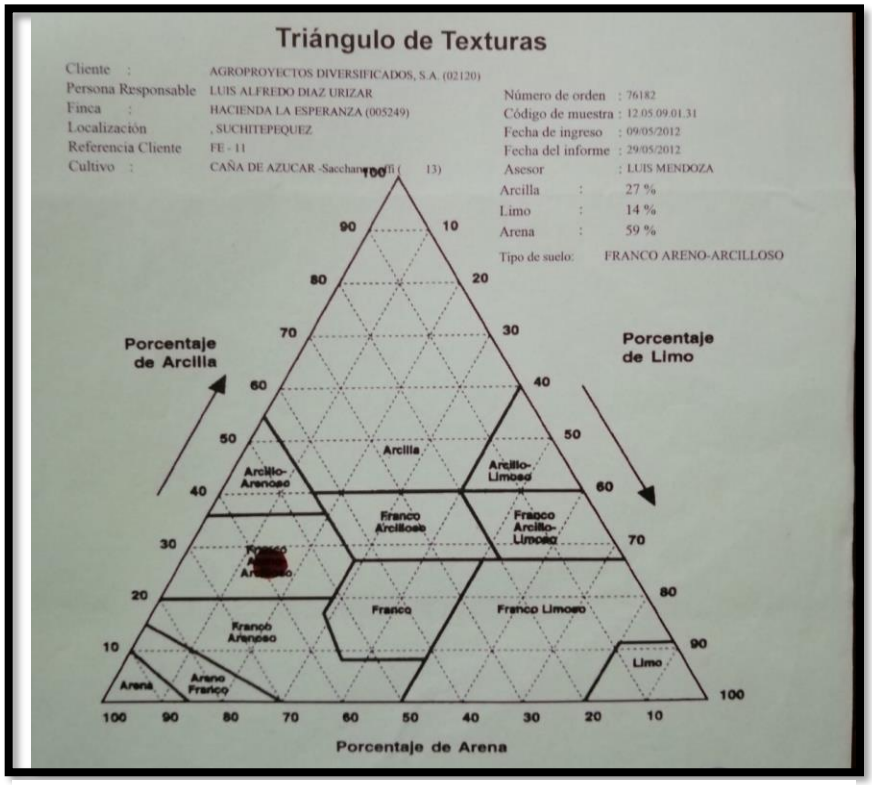

Figura 16. Fotografía de los resultados del análisis de la textura de suelo de la Hacienda la Esperanza.

Fuente: Agroproyectos diversificados, 2012.

NaturaLab 1.2.0.21

NaturAlab Análisis de Suelos y Foliares

				cmol(+)/kg					mg/kg						%
No. Laboratorio	Identificación de la Muestra / Rango de Referencia	Horiz.	pH 5.5-6.5	ACIDEZ 0.3-1.0	K 0.4-0.6	Mg 1.0-1.5	Ca 4.0-6.0	Al 0.3-1.0	P 4-100	S 20-30	Cu 5-20	Fe 30-100	Mn 30-100	Zn 3-10	M.O. 0-5
ANS012100798	FLE01	0-60	6.3	0.06	0.09	2.55	9.39	0.03	1	9	8	68	13	1.2	7.1
ANS012100799	FLE17	0-60	6.2	0.08	0.19	2.29	8.70	0.04	1	9	2	73	9	1.3	7.8
ANS012100800	FLE19	0-60	6.4	0.07	0.10	2.74	9.88	0.04	4	9	5	70	13	1.1	9.0
ANS012100801	FLE20	0-60	6.3	0.07	0.13	2.77	9.71	0.04	1	9	8	70	9	2.3	9.1
ANS012100802	SJ029	0-60	6.3	0.08	0.31	3.20	9.08	0.04	1	9	4	126	56	1.6	2.7
ANS012100803	SJ030	0-60	6.2	0.09	0.14	2.11	7.06	0.05	1	10	3	86	30	1.0	6.2

			cmol(+)/kg	Porcentaje de saturación en la CICe %				Equilibrio de Bases			
No. Laboratorio	Identificación de la Muestra / Rango de Referencia	Horiz.	CICe	AL	Ca	Mg	K	Ca/K 5-25	Mg/K 2.5-15	Ca/Mg 2-5	Ca+Mg/K 10-40
ANS012100798	FLE01	0-60	12.09	0.30	77.66	21.07	0.74	104.4	28.3	3.7	132.7
ANS012100799	FLE17	0-60	11.26	0.40	77.27	20.36	1.67	46.3	12.2	3.8	58.5
ANS012100800	FLE19	0-60	12.78	0.30	77.29	21.43	0.75	102.9	28.5	3.6	131.5
ANS012100801	FLE20	0-60	12.69	0.30	76.56	21.86	1.01	75.9	21.7	3.5	97.6
ANS012100802	SJ029	0-60	12.67	0.30	71.70	25.23	2.46	29.2	10.3	2.8	39.5
ANS012100803	SJ030	0-60	9.41	0.50	75.06	22.44	1.53	49.0	14.7	3.3	63.7

Figura 17. Resultados del análisis químico de suelos de la Hacienda la Esperanza.

Fuente: Agro proyectos diversificados, 2021.

30 - 506
CESAR VASQUEZ
HACIENDA LA ESPERANZA
San José el Idolo, Suchitepequez
Platano

Analab
ANÁLISIS DE SUELOS, PLANTAS Y AGUAS

INFORME DE ANÁLISIS DE SILICIO (F-4)

LAB_Pr108_FF4 Versión 2

No. De laboratorio	Identificación de la muestra	*SILICIO (% P/P)*
1195	LOTE M1T1	0.85
1196	LOTE M2T2	1.37
1197	LOTE M3T3	0.98
1198	LOTE M4T4	1.08
1199	LOTE M5T5	0.88

Figura 18. Resultados análisis químico foliar de extracción de Sílice.

Figura 19. Cultivo de plátano.

Figura 20. Inicio de la aplicación de los tratamientos.

Figura 21. Modo de la aplicación de los tratamientos.

Figura 22. Registro del crecimiento de la altura.

Figura 23. Fertilizante y las dosis aplicadas.

Figura 24. Identificación de la unidad experimental.

Figura 25. Área experimental.

Figura 26. Emergencia de la inflorescencia o parición, del cultivo de plátano.

Figura 27. Racimo de plátano embolsado.

Figura 28. Identificación de racimos pertenecientes a la investigación.

Figura 29. (A) lectura preliminar de peso del racimo, (B) cosecha de los racimos del área experimental.

Figura 30. (A) extracción de datos para el perfil de los racimos, (B) toma de peso de frutos aptos para exportación.

Figura 31. (A) lectura de longitud del fruto, (B) lectura del grado o diámetro del fruto.

Figura 32. Frutos descartados para exportación, con problemas de punta cigarro, grado de maduración, sin diámetro y longitud esperada; de igual forma el raquis del racimo.

DISAGRO

SILICATO AGRÍCOLA TÉRMICO

NUTRICIÓN DE CULTIVOS

ENMIENDA AGRÍCOLA

Descripción:

Silicato Agrícola Térmico es un acondicionador de suelo con alto contenido de Silicio el cual es disponible como Ácido Monosilísico (SiO_4). Este producto fortalece los tejidos celulares de la planta y promueve la liberación del fósforo fijado en el suelo, promoiendo el desarrollo radicular.

Composición:

35% Silicio (Si)

Características físicas y químicas:

Otros nombres.	Silicato agrícola térmico, feldespato de potasio.
Color y forma:	Gránulos de color beige a café.
Granulometría	>de 4 mm: 5% Entre 2 y 4 mm: 64.5% <2mm: 30.5%
Poder de neutralización (PRNT)	87%

Compatibilidad:

Compatible con la mayoría de fertilizantes. Se recomienda realizar una prueba de compatibilidad antes de su uso.

Manejo y almacenamiento:

Almacenar en áreas frescas, lejos del calor y fuentes de ignición.

Modo de uso:

Recomendado en etapas tempranas o establecimiento del cultivo.

Dosis recomendada: 100-150 kg/ha o 157-235 lb/mz

Se recomienda realizar una mezcla previa a la aplicación para verificar compatibilidades.

Figura 33. Ficha técnica de Silicato Agrícola Térmico.

Fuente: Disagro.