



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

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

PROYECTO DE INVESTIGACIÓN

TRABAJO EXPERIMENTAL PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE
INGENIERO AGROPECUARIA

**“Aplicación del Silicio Biodisponible como complemento edáfico en el
cultivo de plátano de exportación (*Musa AAB*)”**

AUTOR: Jackson Jesús Velásquez Zambrano

TUTOR: Ing. Marco Vinicio De la Cruz Chicaiza, MSc.

El Carmen, 28 de Julio del 2022

	NOMBRE DEL DOCUMENTO: CERTIFICADO DE TUTOR(A)	CÓDIGO: PAT-01-F-010
	PROCEDIMIENTO: TITULACIÓN DE ESTUDIANTES DE GRADO	REVISIÓN: 2 Página 1 de 67

CERTIFICACIÓN

En calidad de docente tutor de la Extensión El Carmen de la Universidad Laica “Eloy Alfaro” de Manabí, CERTIFICO:

Haber dirigido y revisado el trabajo de investigación, bajo la autoría del estudiante Velásquez Zambrano Jackson Jesús, legalmente matriculado en la carrera de Ingeniería Agropecuaria, período académico 2021(1) - 2022(1), cumpliendo el total de 400 horas, bajo la opción de titulación de proyecto de investigación, cuyo tema del proyecto es **“Aplicación del Silicio Biodisponible como complemento edáfico en el cultivo de plátano de exportación (*Musa AAB*)”**

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

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

El Carmen, 28 de julio de 2022.

Lo certifico,

Ing. Marco Vinicio De la Cruz Chicaiza, MSc.

Docente Tutor(a)

Área: Agricultura, Silvicultura y Pesca.

APROBACIÓN DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

UNIVERSIDAD LAICA "ELOY ALFARO" DE MANABÍ EXTENSIÓN EL CARMEN

CARRERA DE INGENIERÍA AGROPECUARIA

TÍTULO:

Aplicación del Silicio Biodisponible como complemento edáfico en el cultivo de
plátano de exportación (*Musa AAB*)

AUTOR: Jackson Jesús Velásquez Zambrano

TUTOR: Ing. Marco Vinicio De la Cruz Chicaiza, MSc.

TRABAJO EXPERIMENTAL PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE INGENIERO AGROPECUARIA

TRIBUNAL DE TITULACIÓN

MIEMBRO Ing. Cobeña Loor Nexar Vismar, Mg

MIEMBRO Ing. Vivas Cedeño Jorge Sifrido, Mg

MIEMBRO Ing. Robles García José Orlando, Mg

DEDICATORIA

Mi total gratificación con Dios, la Virgen y el Divino Niño Jesús, por alcanzar esta meta que me propuse al inicio de la carrera por generarme siempre buenos pensamientos y ayudarme a tomar las mejores decisiones, por nunca soltarme de la mano y protegerme en el campo.

A mi familia, mis padres quienes fueron el principal apoyo desde el primer momento dándome ánimos y fuerzas siendo el orgullo de ellos en cada paso que daba, a mis amigos que me regalo la universidad con los cuales compartí excelentes momentos en el paso de mi formación profesional.

Dar las gracias a la congregación de docentes que nos mostraron su apoyo, nos impartieron cada una de las cátedras generándonos conocimientos necesarios como profesional, así mismo recalcando la cantidad de valores inculcados que forman como excelente ser humano, a la ULEAM por permitirme ser parte de ella durante cinco increíbles años.

AGRADECIMIENTO

Empezando por agradecer a Dios, la Virgen y el Divino Niño Jesús por permitirme concluir la carrera con bien por nunca dejarme solo en el camino que día a día construía con mucho esfuerzo a expensas de personas y cosas malas, dar gracias por la cantidad buenos pensamientos y sabiduría que me dieron.

A mis padres quienes: Tirso Velásquez y Rosario Zambrano por ser mi principal apoyo en la vida mostrándome lo bueno y lo malo enseñándome que con esfuerzo y dedicación no hay nada imposible siendo ellos mi principal ejemplo a seguir con su gran cantidad de excelentes valores que con mucho amor me los han trasmitido.

De igual manera agradecer principalmente a mi tutor el Ing. Marco de la Cruz por darme su apoyo en cada momento de la investigación que lo necesite, gracias por convertirse en amigo y excelente persona.

ÍNDICE

PORTADA	I
CERTIFICACIÓN	1
APROBACIÓN DEL TRABAJO DE TITULACIÓN	2
DEDICATORIA	3
AGRADECIMIENTO	4
ÍNDICE DE TABLAS	7
ÍNDICE DE FIGURAS	8
ÍNDICE DE ANEXO	10
ABSTRACT	12
INTRODUCCIÓN	13
CAPÍTULO I	16
1 MARCO TEÓRICO	16
1.1 Cultivo de plátano	17
1.1.1 Origen del plátano	17
1.1.2 Generalidades	18
1.1.3 Taxonomía	18
1.1.4 Planta	19
1.1.5 Raíz	19
1.1.6 Rizoma o bulbo	19
1.1.7 Tallo	20
1.1.8 Hojas	20
1.1.9 Pseudotallo	20
1.1.10 Flores	20
1.1.11 Frutos	21
1.2 Tierras Diatomeas o Silicio	21
CAPITULO II	21
Marco referencial	21
CAPÍTULO III	23

3	MATERIALES Y MÉTODOS.....	23
3.1	Localización de la unidad experimental	24
3.2	Ubicación geográfica	24
3.3	Caracterización agroecológica de la zona.....	24
3.4	VARIABLES	25
3.4.1	VARIABLES INDEPENDIENTES	25
3.4.2	VARIABLES DEPENDIENTES.....	25
3.5	Unidad Experimental	25
3.6	Tratamientos	25
3.7	Características de las Unidades Experimentales.....	25
3.8	Análisis Estadístico.....	26
3.9	Instrumentos de medición	26
3.9.1	Materiales y equipos de campo	26
3.9.2	Materiales de oficina y muestreo.....	27
3.10	Manejo del ensayo	27
3.10.1	Realización del vivero de plantas	27
3.10.2	Elaboración del sustrato.....	27
3.10.3	Recolección, desinfección y siembra de cebollines.....	27
3.11	Selección de la parcela.....	28
3.11.1	Limpieza y balizado.....	28
3.11.2	Desinfección y trasplante.....	28
3.11.3	Labores agrícolas	28
3.11.4	Aplicación del Silicio	28
	CAPÍTULO IV.....	29
4	RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	29
4.1	VARIABLES MORFOLÓGICAS	29
4.1.1	Altura de la planta.....	29
4.1.2	Perímetro del pseudotallo	30

4.1.3	Número de hojas	32
4.2	Concentraciones de nutrientes	33
4.2.1	Nitrógeno (N)	33
4.2.2	Fósforo (P).....	34
4.2.3	Potasio (K).....	35
4.2.4	Calcio (Ca).....	36
4.2.5	Magnesio (Mg)	37
4.2.6	Azufre (S)	38
4.2.7	Cobre (Cu).....	39
4.2.8	Boro (B).....	40
4.2.9	Hierro (Fe)	41
4.2.10	Zinc (Zn).....	42
4.2.11	Manganeso (Mn)	43
4.3	Análisis económico.....	44
4.3.1	Análisis de costos de inversión.....	44
5	CONCLUSIONES	46
6	RECOMENDACIONES	47
7	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	XXXV
8	ANEXOS.....	XXXVII

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1.	Producción mundial.....	17
----------	-------------------------	----

Tabla 2: Taxonomía del plátano	18
Tabla 4. Características agroecológicas de la localidad	24
Tabla 5. Codificación de los tratamientos de silícico disponible en cultivo de plátano de exportación (<i>Musa AAB</i>)	25
Tabla 6. Características de las unidades experimentales para la aplicación de silicio disponible en cultivo de plátano de exportación (<i>Musa AAB</i>)	26
Tabla 7. Diseño DBCA.....	26

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Altura de la planta en la evaluación del Silicio Biodisponible como complemento edáfico en el cultivo de plátano de exportación (<i>Musa AAB</i>)” en la fase vegetativa.	29
---	----

Figura 2. Perímetro del pseudotallo, en la evaluación del Silicio Biodisponible como complemento edáfico en el cultivo de plátano de exportación (<i>Musa AAB</i>)” en la fase vegetativa.....	31
Figura 3. Número de hojas, en la evaluación del Silicio Biodisponible como complemento edáfico en el cultivo de plátano de exportación (<i>Musa AAB</i>)” en la fase vegetativa.	32
Figura 4. Porcentaje de asimilación de nitrógeno en la evaluación del Silicio Biodisponible como complemento edáfico en el cultivo de plátano de exportación (<i>Musa AAB</i>)” en la fase vegetativa.....	34
Figura 5. Porcentaje de asimilación de fósforo en la evaluación del Silicio Biodisponible como complemento edáfico en el cultivo de plátano de exportación (<i>Musa AAB</i>)” en la fase vegetativa.....	35
Figura 6. Porcentaje de asimilación de potasio en la evaluación del Silicio Biodisponible como complemento edáfico en el cultivo de plátano de exportación (<i>Musa AAB</i>)” en la fase vegetativa.....	36
Figura 7. Porcentaje de asimilación de calcio en la evaluación del Silicio Biodisponible como complemento edáfico en el cultivo de plátano de exportación (<i>Musa AAB</i>)” en la fase vegetativa.....	37
Figura 8. Porcentaje de asimilación de magnesio en la evaluación del Silicio Biodisponible como complemento edáfico en el cultivo de plátano de exportación (<i>Musa AAB</i>)” en la fase vegetativa.....	38
Figura 9. Porcentaje de asimilación de azufre en la evaluación del Silicio Biodisponible como complemento edáfico en el cultivo de plátano de exportación (<i>Musa AAB</i>)” en la fase vegetativa.....	39
Figura 10. Concentración de ppm del cobre en la evaluación del Silicio Biodisponible como complemento edáfico en el cultivo de plátano de exportación (<i>Musa AAB</i>)” en la fase vegetativa.....	40
Figura 11. Concentración de ppm del boro en la evaluación del Silicio Biodisponible como complemento edáfico en el cultivo de plátano de exportación (<i>Musa AAB</i>)” en la fase vegetativa.....	41
Figura 12. Concentración de ppm del hierro en la evaluación del Silicio Biodisponible como complemento edáfico en el cultivo de plátano de exportación (<i>Musa AAB</i>)” en la fase vegetativa.....	42
Figura 13. Concentración de ppm del zinc en la evaluación del Silicio Biodisponible como complemento edáfico en el cultivo de plátano de exportación (<i>Musa AAB</i>)” en la fase vegetativa.....	43
Figura 14. Concentración de ppm del manganeso en la evaluación del Silicio Biodisponible como complemento edáfico en el cultivo de plátano de exportación (<i>Musa AAB</i>)” en la fase vegetativa.....	44

ÍNDICE DE ANEXO

Anexo 1. Análisis de la Varianza de la variable para Altura de la planta en la evaluación de la aplicación de silicio biodisponible en el cultivo de plátano de exportación (<i>Musa AAB</i>) en la fase vegetativa.	XXXVII
Anexo 2. Análisis de la Varianza para el Perímetro del pseudotallo en la evaluación de la aplicación de silicio biodisponible en el cultivo de plátano de exportación (<i>Musa AAB</i>) de la planta en la fase vegetativa.	XXXVII
Anexo 3. Análisis de la Varianza para el número hojas en la evaluación de la aplicación de silicio biodisponible en el cultivo de plátano de exportación (<i>Musa AAB</i>) en la fase vegetativa.	XXXVII
Anexo 4. Concentraciones de N en la evaluación de la aplicación de silicio biodisponible en el cultivo de plátano de exportación (<i>Musa AAB</i>) en la fase vegetativa.	XXXVII
Anexo 5. Concentraciones de P en la evaluación de la aplicación de silicio biodisponible en el cultivo de plátano de exportación (<i>Musa AAB</i>) en la fase vegetativa.	XXXVII
Anexo 6. Concentraciones de K en la evaluación de la aplicación de silicio biodisponible en el cultivo de plátano de exportación (<i>Musa AAB</i>) en la fase vegetativa.	XXXVIII
Anexo 7. Concentraciones de Ca en la evaluación de la aplicación de silicio biodisponible en el cultivo de plátano de exportación (<i>Musa AAB</i>) en la fase vegetativa.	XXXVIII
Anexo 8. Concentraciones de Mg en la evaluación de la aplicación de silicio biodisponible en el cultivo de plátano de exportación (<i>Musa AAB</i>) en la fase vegetativa.	XXXVIII
Anexo 9. Concentraciones de S en la evaluación de la aplicación de silicio biodisponible en el cultivo de plátano de exportación (<i>Musa AAB</i>) en la fase vegetativa.	XXXVIII
Anexo 10. Concentraciones de Cu en la evaluación de la aplicación de silicio biodisponible en el cultivo de plátano de exportación (<i>Musa AAB</i>) en la fase vegetativa.	XXXVIII
Anexo 11. Concentraciones de B en la evaluación de la aplicación de silicio biodisponible en el cultivo de plátano de exportación (<i>Musa AAB</i>) en la fase vegetativa.	XXXVIII
Anexo 12. Concentraciones de Fe en la evaluación de la aplicación de silicio biodisponible en el cultivo de plátano de exportación (<i>Musa AAB</i>) en la fase vegetativa.	XXXVIII
Anexo 13. Concentraciones de Zn en la evaluación de la aplicación de silicio biodisponible en el cultivo de plátano de exportación (<i>Musa AAB</i>) en la fase vegetativa.	XXXIX
Anexo 14. Concentraciones de Mn en la evaluación de la aplicación de silicio biodisponible en el cultivo de plátano de exportación (<i>Musa AAB</i>) en la fase vegetativa.	XXXIX
Anexo 15. Resultados de análisis foliares	XXXIX
Anexo 16. Banco de fotografías	XLIV

RESUMEN

El cultivo de plátano es uno de los principales cultivos en el Ecuador situándose dentro de los

primeros lugares, generando miles de toneladas al año las cuales son exportadas a diferentes mercados entre ellos al europeo constituyendo parte de la dieta diaria para estas familias. La provincia de Manabí, principalmente el cantón el Carmen es quien cubre la mayoría de superficie cultivada las mismas que generan varias toneladas de producción semanalmente. El presente trabajo tubo la finalidad implementar el silicio como complemento edáfico en diferentes dosis en el cultivo de plátano, para el experimento se utilizó un diseño de bloques completamente al azar en el cual se incluyeron 5 tratamientos y 4 repeticiones, lo que muestra en los siguientes resultados. Este ensayo tuvo como objetivos la aplicación del Silicio Biodisponible como complemento edáfico en el cultivo de plátano de exportación (*Musa AAB*), con ello medir variables como la altura, número de hojas y perímetro del pseudotallo de la planta en tres diferentes periodos de la fase vegetativa, y con estos datos determinar la mejor dosis a aplicar de Silicio. Dentro de los resultados obtenidos el silicio apporto numerosamente evidenciado en las medias de las variables en el incremento del diámetro del pseudotallo, numero de hojas y altura de la planta, dentro de los resultados obtenidos de los análisis foliares se constató que los porcentajes de algunos macronutrientes se excedieron sobre los valores referenciales máximos, en cuanto a los micronutrientes evaluados el silicio influyo en la no elevada concentración de metales pesados evitando un estrés en la planta causado por el exceso de estos.

Palabras claves: Micronutrientes, Silicio, macronutrientes, complemento edáfico, aplicación.

ABSTRACT

The cultivation of bananas is one of the main crops in Ecuador, being among the first places, generating thousands of tons a year which are exported to different markets including Europe, constituting part of the daily diet for these families. The province of Manabí, mainly the canton of Carmen is the one that covers most of the cultivated area, the same ones that generate several tons of production weekly. The present work had the purpose of implementing silicon as an edaphic complement in different doses in banana cultivation, for the experiment a completely random block design was used in which 5 treatments and 4 repetitions were included, which shows in the following results. This trial aimed to apply the Bioavailable Silicon and evaluate in response to the stress of biotic and abiotic factors in the cultivation of banana export (*Musa AAB*), measure variables such as height, number of leaves and perimeter of the pseudostem of the plant in three different periods of the vegetative phase, and with these data determine the best dose to apply of Silicon. Within the results obtained, the silicon contributed numerically evidenced in the means of the variables in the increase of the diameter of the pseudostem, number of leaves and height of the plant after this, the treatments for the incidence of nematodes were not affected since the overturning of plants, insects and the leaf area did not present greater necrosis caused by black sigatoka.

Keywords: Micronutrients, Silicon, macronutrients, soil complement, application.

INTRODUCCIÓN

El Ecuador es un país donde el sector agropecuario resalta siendo el impulsador de la economía nacional contando con productos de origen agrícola dentro de los que encontramos a las musáceas entre ellos el plátano con una representación del 32% del comercio mundial, con una mayor representación de esta musácea en el conocido triángulo platanero que comprenden Manabí, Santo Domingo y Los Ríos; el plátano en el Ecuador tiene gran importancia económica, también como fuente de alimento en la dieta diaria tanto como del productor y de los consumidores, cabe recalcar que los precios que los productores venden su producto son muy bajos debido a que muchos de ellos le entregan la musácea a intermediarios que les retribuyen precios inferiores al de los exportadores (Álvarez y otros, 2020).

En Ecuador, el plátano es un rubro que sobresale al ser de exportación y generador de fuentes de empleo por lo que dentro del 2021 se evidencio estadísticamente que poseía un total de 128.861 ha⁻¹ plantadas como monocultivos y asociados, de las cuales se cosecharon 112.045 ha⁻¹, encontrando un 13% de pérdida de plantaciones por diferentes factores bióticos y abióticos, de las cuales se generó una producción de 763.455 toneladas dentro del periodo, generando ingresos a través de ventas exportando a mercados internacionales y abasteciendo a mercados nacionales y locales para el autoconsumo con un total de 680.161 toneladas (INEC, 2021).

El silicio, algas diatomeas o tierras de diatomeas aparenta generar un beneficio a algunas plantas cuando se encuentran estresadas, está comprobado que aplaza la caída de las hojas a temprana edad por falta de riegos ayudando a generar rusticidad en las plantas al notar las toxicidades que generan los micronutrientes y de los metales como el aluminio, cobre, hierro, manganeso, zinc, entre otros, está demostrado que el silicio es de gran efectividad al momento de aumentar la vigorosidad en el tallo de las plantas tallo (Bloodnick, 2021).

El silicio es un vigorizante que ayuda a la planta a enfrentar la agresión que le generan insectos, hongos y bacterias ayudando a que el nitrógeno y el fósforo tengan una mejor fijación lo que conllevaría a una mejor asimilación de estos nutrientes, lo cual conduce a una elevada productividad de la planta; el silicio también aumenta la nutrición en la planta dentro de un 40% a 60% y aumenta la eficacia del empleo de la roca fosfórica de un 100% a un 200%; la fertilización con fertilizantes ricos en silicio provoca que el fósforo que se encuentra muchas veces en el suelo como no disponible se transforme para que sea asimilable y previene que los

minerales ricos en fósforo se conviertan en compuestos inmóviles en la tierra, está en conocimiento para la fabricación de fertilizantes de lenta liberación que se pueden hacer con materiales ricos en tierras diatomeas (Alvarez, 2011).

Problema científico: La problemática del plátano en nuestro medio es que no asimila nutrientes del suelo porque están bloqueados principalmente ocasionando estrés viéndose evidenciado en pérdidas económicas, en la actualidad los productores y profesionales en el ámbito platanero se han enfocado casi en su totalidad en la aplicación de macronutrientes como N P K dejando de lado el resto de nutrientes y minerales como es el caso del silicio, en el presente ensayo se ha realizara aplicaciones edáficas del mismo ayudando a reducir los niveles de estrés por sequías y otros factores abióticos, generando menos perdidas de plantas, el silicio ayuda a la planta asimilar mejor los macro y micronutrientes teniendo mejores resultados a futuro lo cual es de suma importancia (Velásquez, 2022).

Objetivos

Objetivo general

- Evaluar la aplicación del Silicio Biodisponible como complemento edáfico en el cultivo de plátano de exportación (*Musa AAB*)

Objetivos específicos

- Determinar la mejor dosis de silicio biodisponible como complemento edáfico en el cultivo de plátano (*Musa AAB*).
- Determinar el comportamiento agronómico mediante la aplicación del Silicio biodisponible en la fase vegetativa en el cultivo de plátano (*Musa AAB*).
- Realizar el análisis costo de inversión de los tratamientos en la fase vegetativa.

Hipótesis

Ha: La Aplicación de Silicio influye como complemento edáfico en el cultivo de plátano de exportación (*Musa AAB*).

Ho: La Aplicación de Silicio no influye como complemento edáfico en el cultivo de plátano de exportación (*Musa* AAB).

CAPÍTULO I

1 MARCO TEÓRICO

1.1 Cultivo de plátano

1.1.1 Origen del plátano

El plátano se da origen en el continente asiático exactamente en el sudeste, pese a que el plantío en su forma comercial nace a finales del siglo XIX y se mantiene durante el siglo XX en las Islas Canarias de España lugar donde a pesar de los años aún se produce, en la actualidad de aquellos años la producción mundial haciende a los 58 millones de toneladas teniendo a continentes productores primordiales como Asia liderando como el mayor productor, Sudamérica y Centroamérica, situándose Ecuador dentro de los primeros puestos como productor de plátano y banano al mismo tiempo siendo el primer país en exportación del producto y la india liderando la cadena de producción (Fresh Produce Desk Book, 1999).

Tabla 1. Producción mundial

Continente	Miles de toneladas	%
África	7.232	12
Asia	26.588	45
Europa	425	1
Norteamérica	7.943	14
Oceanía	951	2
Sudamérica	15.291	26
Total	58.430	100

Fuente: (Fresh Produce Desk Book, 1999).

Países como Ecuador, Costa Rica, Honduras, Colombia, Perú, Panamá, Belice, México, Guatemala, Guayanas, Nicaragua y Martinica son los principales abastecedores de plátano a los mercados de los continentes americanos, europeos y asiáticos debido a su alta producción de la musácea (Delgadillo, 2014).

1.1.2 Generalidades

Se parte desde el punto que el plátano es una fruta tropical que pertenece a la familia de las musáceas dentro de las cuales se encuentra el guineo o banano los cuales se pueden consumir frescos y sin necesidad de cocinarlos a diferencia del plátano que si necesita de una cocción para ser consumido, se ubica dentro la dieta miles de familias europeas al ser altamente energético y fácil de prepararlo a cualquier momento como plátanos fritos, cocinados o asados, también consumiéndolo con un valor agregado como la harina del plátano o yogures (Jaramillo, Hernández, Y Torrealba, 2015).

Unos de los principales requerimientos para esta establecer una platanera es el factor temperatura la cual debe estar dentro de un rango entre los 20° y 30° C seguido de la demanda abundantes de H₂O para un eficiente desarrollo por lo que se recomienda plantarlo dentro de zonas con precipitaciones de varíen desde los 1,800 hasta los 2,500 milímetros dentro del año, la plata se ve afectada alargando su ciclo vegetativo por la disminución en la intensidad lumínica, dentro de lo cual también se menciona que no se debe sembrar plátano en zonas donde los vientos sobrepasen los 20 km/h causando el volcamiento y daño del área foliar de la planta, dentro de los requerimientos también se recomiendan suelos con un pH que balla desde levemente acido hasta neutro con una textura de preferencia Franco arenosa muy fina (Guerrero, 2010).

1.1.3 Taxonomía

Tabla 2: Taxonomía del plátano

Taxonomía	
Reino	Plantae
Sub reino	Embriobionta
División	Magnoliophita
Clase	Monocotiledóneas
Orden	Escitaminales
Familia	Musácea

Subfamilia	Muso idea
Género	Musa
Sección	Eumusa
Especie	<i>Musa acuminata</i>
Clon	AAB

Fuente: (Benalcazar, 1991).

1.1.4 Planta

Es de características herbácea perenne y de gran tamaño conformada en su gran porcentaje por agua, presentando un rizoma corto y un aparente tallo el cual se forma mediante la adherencia de las vainas foliares se torna cónico y alcanzando una altitud de 3,5-7,5 m y formando en un área foliar con la forma de una corona (INFOAGRO, 2021).

1.1.5 Raíz

Según (INFOAGRO, 2021) manifiesta que se encuentra la mayor cantidad de raíces superficiales dentro de los 40cm de profundidad las cuales son de color blanco y conforme pasa el tiempo se tornan amarillas y con mayor rusticidad alcanzando un diámetro de 8mm y una longitud de oscila hasta los 3 metros lateralmente alcanzando una profundidad de 1.5 m en suelos con una buena textura. Por lo que (Vézina y Baena, 2020) y acotan concordando y mencionando que el sistema radicular el principal absorbedor de nutrientes y agua desde el suelo para la mantención de la planta el cual se conforma por las raíces primarias o principales que son las que surgen de la parte lateral superior del cilindro central del bulbo, desde las raíces primarias surgen las raíces secundarias de las cuales nacen las raíces terciarias o también llamados pelos absorbentes con menor longitud y grosor, recalcando que una de sus principales funciones también es fijar la planta al suelo.

1.1.6 Rizoma o bulbo

Es un tallo que se encuentra de manera subterránea el cual crece de manera horizontal cuenta con diferentes meristemos que son quienes le dan el origen a pseudotallos, raíces y

yemas vegetativas (INFOAGRO, 2009).

1.1.7 Tallo

Este es un órgano de gran tamaño, almidonoso, que se encuentra por debajo del suelo lleno de yemas las cuales el cual sobresale cuando está en la época de floración en el campo se le otorga el nombre de corno o cepa el cual tiene caracteres de rizoma o bulbo (FRUTAS Y HORTALIZAS, 2021).

1.1.8 Hojas

Se encuentra un órgano temporal denominado apéndice que se torna de forma cilíndrica es muy delgado ya que solo puede alcanzar hasta los 8.5cm cuya función es de direccionar la hoja hasta el ápice del pseudotallo, la lámina foliar de forma ovalada conformada por dos similibos, que dan el paso a la nervadura central, de la cual se desencadenan las nervaduras laterales y finalmente las bandas denominadas corno pulvinares su extremo apical es cónico y el basal auriculado los cuales le dan una forma ovalada a la misma, puede alcanzar dimensiones de 258,8cm de longitud x 87,8 cm de ancho en su etapa adulta, cuando ya son viejas se empiezan a romper de forma transversal con la presencia de los vientos fuertes (Barrera y otros, 2011).

1.1.9 Pseudotallo

El plátano carece de tronco como muchas de las otras especies de musáceas que generan un pseudotallo el cual no es más que la unión de un sinnúmero de vainas foliares son basales debido a que la raíces son muy suaves a diferencia de las raíces leñosas que son de mayor dureza, teniendo un diámetro considerable según la etapa vegetativa que se encuentre y unos 7 metros de altura en algunos casos (D`Alessandro, 2017).

1.1.10 Flores

Están adoptan un color amarillento no todas tienen la misma medida pero si tienen sus

estambres que se encuentran ubicados en la punta de la flor de los cuales 1 solo es estéril, este grupo de la inflorescencia le da un sistema a la platanera, es así que según el número de flores que se encuentren en la bráctea formando los frutos llamados dedos que son los que conforman las manos o gajos las cuales contiene entre un promedio de 3 a 20 plátanos según el orden decente en el que se encuentren las manos (EL PRODUCTOR, 2018).

1.1.11 Frutos

Según (EL COMERCIO, 2011) el racimo de plátano genera de 22 a 44 dedos (plátanos) conforme el trato que se le dé a la plantación en toda su fase vegetativa el fruto pudiese prolongarse hasta los 30 cm de largo, oscilando de entre 2 a 5 centímetros de ancho cada plátano.

1.2 Tierras Diatomeas o Silicio

Son algas de tamaño muy pequeño a nivel microscópicas aquellas poseen un exoesqueleto que se ha ido formando a través del tiempo de origen mineral que asimilándolo lo transformaron en silicio orgánico que es el que se puede aplicar a las plantas y los seres vivos, poseen una estructura diferente que vistas al microscopio no son iguales las unas con las otras. Las mismas que se encuentran en forma de tierra y poseen color blanco es de allí de donde se le atribuye el nombre de Tierras Blancas, estas algas se forman a partir de fitoplancton marino que se ha estado acumulando en las aguas saladas durante millones de años, también se originan las de agua dulce todas estas desde la prehistoria, es por eso que son los primeros seres vivos que poblaron el planeta (Diatomeasiberia, 2017).

CAPITULO II

Marco referencial

Al igual que el oxígeno el silicio es uno de los componentes básicos más abundantes en la corteza terrestre estando por detrás del oxígeno que es el más abundante que se encuentra en el planeta, se utiliza en la agricultura a pesar de no ser un elemento esencial, el cual no manifiesta señales de insuficiencia por lo que se justifica que se ha sido olvidado, cabe recalcar que no era considerado como fertilizante hasta hace un tiempo atrás pero en estos tiempos ocupa un papel fundamental en la fertilización vegetal, se puede aplicar en los planes de fertilización, siempre teniendo en cuenta la incorporación de los niveles de nitrógeno que nos puede causar un efecto contrario mostrando plantas más tiernas y vulnerables (AEFA, 2021).

El silicio es uno de los elementos catalogados como no causante de serios problemas a la planta al ser aplicado en cantidades excesivas la única pérdida sería económica por desperdicio del mineral, este elemento se encuentra almacenado debajo de la cubierta cuticular como una capa gruesa alcanzando los 2,5 micras de espesor la cual da formación a una doble cutícula de Silicio, se piensa que esta capa al ser protectora alivia los stress de factores abióticos y bióticos como enfermedades e insectos, con efectos positivos sobre el banano que disminuye la velocidad de ataque de la sigatoka negra en área foliar (Ruiz, 2021). De acuerdo con lo que manifiesta Gutiérrez (2011) concuerda con que la aplicación del silicio en el plátano genera una autoprotección hacia el ataque de varios agentes dañinos, en base a esto adiciona que refuerza su capacidad para almacenar y distribuir los carbohidratos que se requieren para el crecimiento de la planta, aumentando la nutrición del fósforo de 40% a 60% ya que transforma el fósforo no disponible en fósforo asimilable para la planta.

Con la adición de fertilizantes mezclados con silicio no presentaron diferencias significativas en el crecimiento ni en la producción en comparación al testigo dentro de los cuatro ciclos que se evaluaron periódicamente, con la adición de silicio a fertilizantes si presentó decrecimiento en los contenidos foliares de aluminio y subieron los de silicio, dejando como conocimiento que las aplicaciones de fertilizantes silicatados consiguieron contrarrestar los contenidos de aluminio por un periodo de hasta 20 meses luego de la aplicación (Vindas, 2012).

CAPÍTULO III

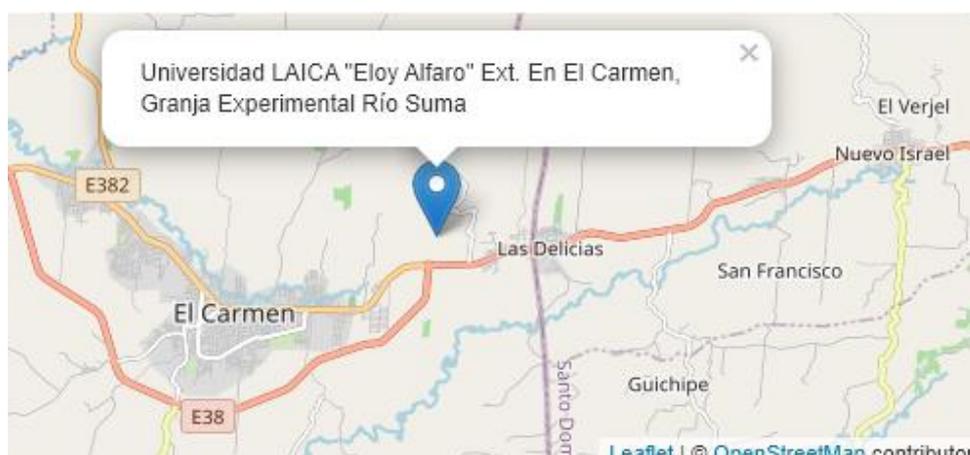
3 MATERIALES Y MÉTODOS

3.1 Localización de la unidad experimental

La investigación se realizó en la granja experimental Río Suma de la Universidad Laica Eloy Alfaro de Manabí extensión El Carmen, Provincia de Manabí, Cantón El Carmen parroquia El Carmen

3.2 Ubicación geográfica

El lugar del ensayo se encuentra ubicado en la siguiente ubicación geográfica con las siguientes coordenadas UTM: X =674967, Y= 9971156 y Z= 266msnm, 0°15'38.3"S 79°25'48.3"W / -0.260650, -79.430077.



3.3 Caracterización agroecológica de la zona

El suelo que posee el lugar a realizar el proyecto es de textura franco arenoso que tiene una fertilidad entre baja y mediana, la temperatura ambiental oscila entre los 20,4°C – 29, 2°C, y una humedad: 87,45% (INAMHI, 2014).

Tabla 3. Características agroecológicas de la localidad

Características	El Carmen
Clima	Trópico Húmedo
Temperatura (°C)	20,4°C – 29, 2°C
Humedad Relativa (%)	87,45%
Precipitación media anual (mm)	233,83
Altitud (msnm)	260

Fuente: Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología (INAMHI, 2014)

3.4 Variables

3.4.1 Variables independientes

- ❖ Silicio biodisponible dosis

3.4.2 Variables dependientes.

- ❖ Altura de la planta
- ❖ Perímetro del pseudotallo
- ❖ Número de hojas
- ❖ Análisis foliar (macro y micronutrientes)

3.5 Unidad Experimental

En el presente ensayo se aplicará un diseño de bloques completo al azar simple (DBCA), representado con cinco tratamientos y cuatro repeticiones.

Se contará con un total de 20 Unidades experimentales cada una con medidas de 13,28m x 6m, contando con un total de 66,4m x 24m con un área de estudio de 1545,6m², donde se aplicarán diferentes dosis de silicio biodisponible como complemento edáfico en el cultivo de plátano de exportación en tres fracciones a los dos meses, a los cuatro meses y a los seis meses. Para el análisis estadístico se realizará la prueba de significación de Tukey al 5% con la ayuda del software estadístico INFOSTAT versión 2020.

3.6 Tratamientos

Tratamientos para la evaluación del efecto de la aplicación del Silicio Biodisponible como complemento edáfico en el cultivo de plátano de exportación (*Musa AAB*).

Tabla 4. Codificación de los tratamientos de silícico disponible en cultivo de plátano de exportación (*Musa AAB*)

Tratamientos	Nivel	Método	Frecuencias
T1	D1	Edáfica	Dosis de Silicio biodisponibles 3 kg ha ⁻¹ .
T2	D2	Edáfica	Dosis de Silicio biodisponibles 6 kg ha ⁻¹ .
T3	D3	Edáfica	Dosis de Silicio biodisponibles 9 kg ha ⁻¹ .
T4	D4	Edáfica	Dosis de Silicio biodisponibles 12 kg ha ⁻¹ .
T5	Testigo	0	0

3.7 Características de las Unidades Experimentales

A continuación, se detallarán las características de las unidades experimentales

Tabla 5. Características de las unidades experimentales para la aplicación de silicio disponible en cultivo de plátano de exportación (*Musa AAB*)

Características de las unidades experimentales	
Superficie del ensayo	1545,6 m ²
Numero de parcelas	20
Plantas por parcela	18 plantas
Plantas a evaluar	5 plantas
Repeticiones	4
Población del ensayo	360 plantas

3.8 Análisis Estadístico

Diseño DBCA simple Evaluación del efecto de la aplicación del Silicio Biodisponible como complemento edáfico en el cultivo de plátano de exportación (*Musa AAB*).

Tabla 6. Diseño de ADEVA, en la evaluación del efecto de la aplicación del Silicio Biodisponible como complemento edáfico en el cultivo de plátano de exportación (*Musa AAB*).

Fuente de variación	Grados de libertad
Total	19
Tratamientos	4
Repeticiones	3
Error	12

3.9 Instrumentos de medición

3.9.1 Materiales y equipos de campo

- ❖ Sacos
- ❖ Abre hoyos
- ❖ Machete
- ❖ Bomba de mochila
- ❖ Barra agrícola
- ❖ Botas
- ❖ Pomas para almacenar agua
- ❖ Tachos
- ❖ Alambre
- ❖ Grapas
- ❖ Flexómetro
- ❖ Cinta métrica
- ❖ Libreta de apuntes
- ❖ Marcador

- ❖ Podón
- ❖ Balanza (gramera)

3.9.2 Materiales de oficina y muestreo

- ❖ Computadora
- ❖ Cuaderno
- ❖ Lápiz
- ❖ Calculadora
- ❖ Hojas de papel bond
- ❖ Celular
- ❖ Programa INFOSTAT, EXCEL, WORD

3.10 Manejo del ensayo

3.10.1 Realización del vivero de plantas

Se trabajo con cebollines extraídos de una plantación ubicada en la granja experimental Río Suma, se limpiaron luego se desinfectaron y posterior a eso fueron sembrados en fundas de plástico específicas para vivero.

3.10.2 Elaboración del sustrato

Se recolecto tierra de monte suficiente posterior a eso se colocó 3 carretillas de tierra más 1 de gallinaza y adicional para desinfectar la tierra 20 libras de cal agrícola.

3.10.3 Recolección, desinfección y siembra de cebollines

VITAVAX 300PM cuyos ingredientes activos son Carboxin + Captan y adicional a esto una solución de clorpirifos en donde se sumergieron los cebollines para su posterior siembre en las fundas de viveros.

3.11 Selección de la parcela

3.11.1 Limpieza y balizado

Se realizó la limpieza con ayuda de machetes y herbicidas químicos, posterior a ello se balizo el terreno con la ayuda de una cinta métrica para establecer las dimensiones del terreno y las parcelas.

3.11.2 Desinfección y trasplante

Se procedió a desinfectar los hoyos realizados, con la aplicación de un insecticida químico para el posterior trasplante de las plantas.

3.11.3 Labores agrícolas

Mantenimiento del terreno control de malezas, y limpieza de las plantas como deshoje, deshije, deschante y cirugías laterales de las hojas.

3.11.4 Aplicación del Silicio

Aplicación del silicio requerida en un total de tres aplicaciones de acuerdo con los tratamientos.

Toma de datos, tabulación, análisis e interpretación de resultados.

CAPÍTULO IV

4 RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los resultados que se obtuvieron fueron los siguientes:

4.1 Variables morfológicas

4.1.1 Altura de la planta

En la (Figura 1) que se muestra a continuación se observa la evaluación de la altura de la planta para el análisis de medias se utilizó la prueba de Tukey ($p>0,05$), la cual se midió en metros alcanzando una altura máxima de 2 metros con 0,60 centímetros por parte del tratamiento dos, y una altura mínima de 2 metros con 0,38 centímetros obtenidos del tratamiento testigo el cual no tuvo aplicación de silicio.

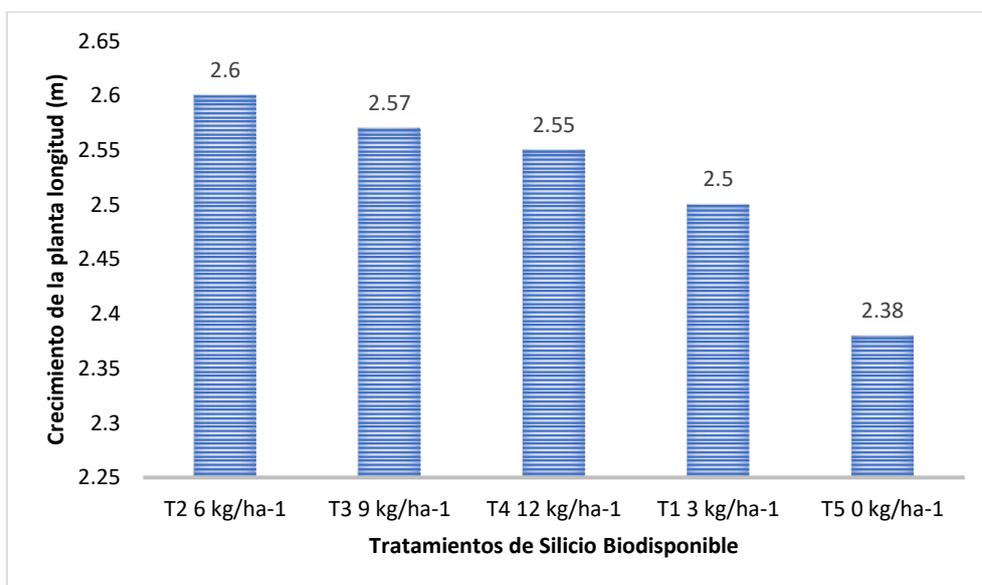


Figura 1. Altura de la planta en la evaluación del Silicio Biodisponible como complemento edáfico en el cultivo de plátano de exportación (*Musa AAB*)” en la fase vegetativa.

El coeficiente de variación que se muestra en el (Anexo 1) que se obtiene en el análisis de esta varianza es de 11,24 el cual presento diferencias no significativas ($p>0,05$) entre los 5 tratamientos previamente aplicados en el campo de fertilizantes edáficos con la complementación del Silicio, por lo que se demuestra que las dosis de silicios no influyen en la

altura de la planta en la etapa vegetativa. Resultados similares fueron obtenidos en otros cultivos como la avena forrajera en la cual los niveles intermedios de silicio dieron mejores resultados generando la mayor altura de la planta altamente significativa con el tratamiento testigo, en otro ámbito el promedio de las alturas tuvo una similitud entre ellos en los primeros días de la fase vegetativa, a partir de los 45 días que inicia la fase reproductiva esta variable tuvo diferencias observables entre sus tratamientos (Borda y otros, 2007).

Por otra parte, en el cultivo de pasto Raigrass aubade se encontraron resultados que dosis altas de silicio de 100 kg/ha^{-1} en conjunto con fertilizantes dieron buenos resultados alcanzando una altura de 101 centímetros en comparación a los testigos con cero dosis de silicio que solo llegaron a alcanzar 84,67 centímetros de altura, no desmereciendo los datos obtenidos de las dosis medias de 75 kg/ha^{-1} que también estuvieron de un rango bastante aceptable al momento de aportar en la altura de la planta (Legarda y otros, 2015).

4.1.2 Perímetro del pseudotallo

En la (Figura 2) que está expuesta a continuación se observa las medias no son significativamente diferentes ($p > 0,05$) se observan los resultados que mediante una evaluación sobre el perímetro del pseudotallo se obtienen las siguientes medidas en centímetros alcanzando un contorno promedio más alto de 67,44 centímetros expresado por el tratamiento número cuatro el cual se aplicó una dosis de silicio de 12 kilogramos por hectárea, y un perímetro mínimo de 61,65 centímetros obtenidos del tratamiento testigo el cual no influyó la aplicación de silicio, por lo que las concentraciones mostraron valores mayores al T5, pero sin diferencias significativas.

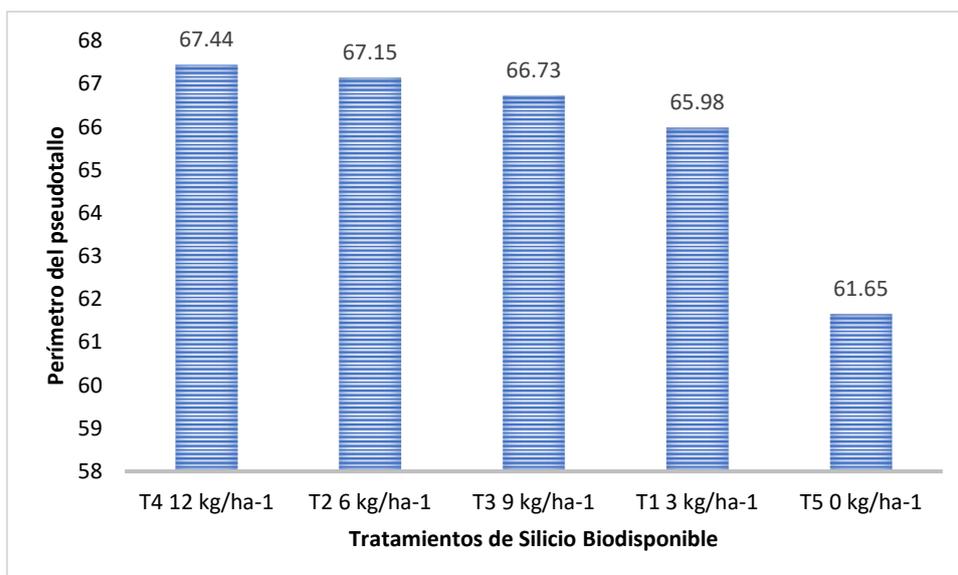


Figura 2. Perímetro del pseudotallo, en la evaluación del Silicio Biodisponible como complemento edáfico en el cultivo de plátano de exportación (*Musa AAB*)” en la fase vegetativa.

El coeficiente de variación que se muestra en el (Anexo 2) que se obtiene en el análisis de esta varianza para el perímetro del pseudotallo es de 8,4 el cual presento diferencias no significativas ($p > 0,05$) entre los 5 tratamientos previamente aplicados en el campo de fertilizantes edáficos con la complementación del Silicio, por lo que se demuestra que las dosis de silicios no influyen significativamente en el diámetro del pseudotallo de la planta en la etapa vegetativa.

Resultados obtenidos en plátano muestran que no hay diferencias significativas en la mezcla de dosis de silicio con otros fertilizantes, en cuanto al incremento del perímetro del pseudotallo no se muestra extenso sin embargo se puede notar que las plantas con mayor diámetro son el tratamiento de silicio más micorrizas arbusculares a diferencia de las que se le suministro silicio de forma pura (Gerra & Linares, 2018).

Resultados obtenidos de la paliación de silicio en el banano en la ciudad de Machala muestra resultados con diferencias significativas en los datos obtenidos a través de la medición del perímetro del pseudotallo lo cual muestra el tratamiento 1 con 57,6 centímetros seguidos de los otros tratamientos finalizando con el tratamiento que solo se le suministro silicio puro que fue el que tubo menor diámetro de 52,1 centímetros, medidas medias similares a las obtenidas del

ensayo (Sánchez y otros, 2020).

4.1.3 Número de hojas

No existen diferencias significativas entre tratamientos para el parámetro número de hojas emitidas en la fase vegetal de la plantación, para el análisis de medias se utilizó la prueba de Tukey ($p>0,05$), a pesar de eso se observa en la (Figura 3) que las plantas con mayor número de hojas emitidas hasta la última toma de datos fueron las del tratamiento 4 con una media total de 23,20 hojas emitidas, con una dosis de 12 kilogramos por hectárea de silicio, el cual es ligeramente mayor en comparación al tratamiento testigo (T5) que emitió 22,30 hojas el cual no tuvo aplicación de silicio, receptados estos datos no se presenta diferencias significativas, adicionando y no menos importante se observaron resultados en campo que las hojas adquieren un textura más sanas al ataque provocado por sigatoka negra e insectos y menos daño en el área foliar causado por los fuertes vientos.

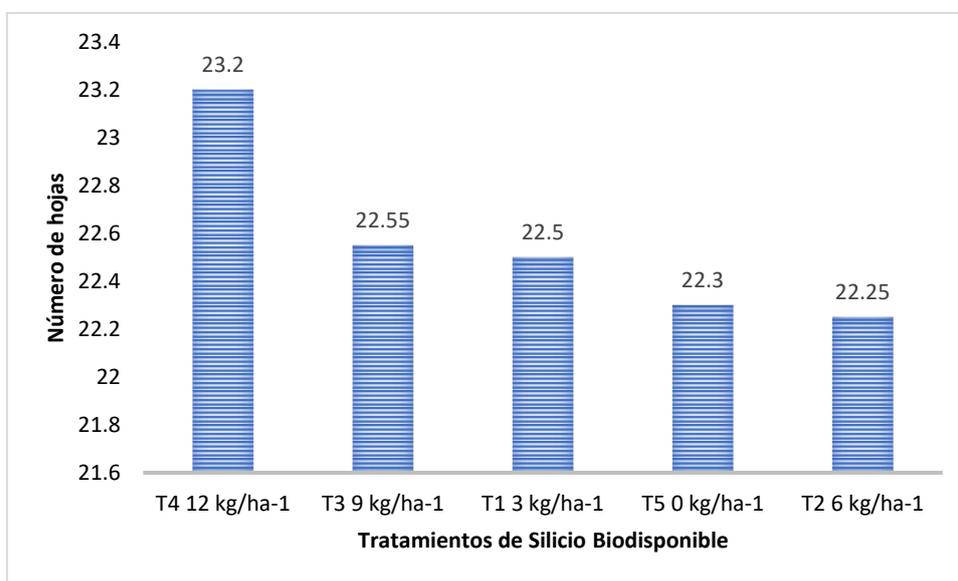


Figura 3. Número de hojas, en la evaluación del Silicio Biodisponible como complemento edáfico en el cultivo de plátano de exportación (*Musa AAB*)” en la fase vegetativa.

El coeficiente de variación que se muestra en el (Anexo 3) que se obtiene en el análisis de esta varianza para el número de hojas es de 4,19 el cual presento diferencias no significativas

($p > 0,05$) entre los 5 tratamientos previamente aplicados en el campo de fertilizantes edáficos con la complementación del Silicio, por lo que se demuestra que las dosis de silicios no influyen significativamente en el número de hojas de la planta en la etapa vegetativa.

A pesar de no encontrar hallazgos significativos entre tratamientos de fertilizantes asociados con silicios, sin embargo se encuentra un incremento en el número de hojas emitidas con la aplicación de 100 miligramos de silicio por cada litro de agua que equivaldría aplicando cálculos en una regla de tres simple directa se multiplicaría 200 litros de agua (cantidad suficiente para una hectárea) por 100 miligramos (dosis del tratamiento) dividido para 1 cantidad de agua para los 100 miligramos de silicio lo cual equivaldría a 20.000 gramos de silicio que al transformarlos a kilogramos nos daría un total de 20 kilogramos por hectárea (Gerra & Linares, 2018).

Datos de que la aplicación de silicio sin ninguna asociación con fertilizantes y la aplicación de silicio con dosis medias de briochar de cacao y biol nos muestran que el número de hojas es mayor con una cantidad de dos y tres hojas en comparación con aplicaciones de silicio asociado con 10 y 30 gramos briochar de cacao dosis baja y 100 y 200 mililitros de biol dosis alta (Sánchez y otros, 2020).

De acuerdo a análisis realizados en plátano sobre el número de hojas a la cosecha no se registró análisis de varianza significativo por lo que en las medidas se registró una igualdad estadística entre los tratamientos de N P K + algas diatomeas, tratamientos similares a los aplicados en los ensayos (Tabla 5), la diferencia estadística un poco más considerable se dio entre los cuatro tratamientos con silicio y el tratamiento sin silicio mostrando menos números de hojas (Jaramillo Q. C., 2021).

4.2 Concentraciones de nutrientes

4.2.1 Nitrógeno (N)

A medida que se van subiendo las diferentes dosis de silicio, empiezan a disminuir los valores

de concentración del nitrógeno en el área foliar de la planta, encontrando al nitrógeno en este caso como normal (N) mostrándose en el (Anexo 4) ya que esta entre el rango mínimo de 2,70 y 3,80 el máximo.

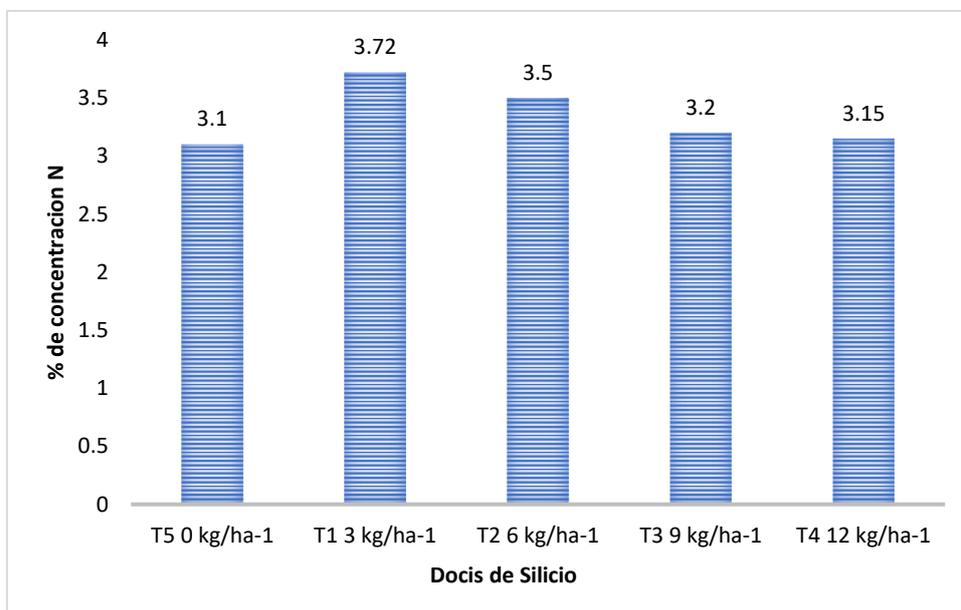


Figura 4. Porcentaje de asimilación de nitrógeno en la evaluación del Silicio Biodisponible como complemento edáfico en el cultivo de plátano de exportación (*Musa AAB*)” en la fase vegetativa.

Según (Infoagro, 2019) menciona a continuación que el exceso de nitrógeno puede provocar un debilitamiento en el sistema foliar de las plantas obstruyendo una fotosíntesis normal, por lo se asemeja a los resultados obtenidos en la investigación que cuando existan altas cantidades de nitrógeno en la planta se debe aplicar altas cantidades de silicio para reducir la concentración de nitrógeno, se presentó un problema por exceso de nitrógeno en plantas de ají en las cuales los frutos se estropeaban al tocar el suelo por una debilidad en los tejidos causada por la alta presencia de nitrógeno.

4.2.2 Fósforo (P)

La aplicación del silicio en todos los tratamientos no influye en la asimilación de fósforo en la planta, ya que los 5 tratamientos se comportaron de manera semejante entre 0,18 y 0,20

encontrándose dentro del rango normal (N) como se muestra en el (Anexo 5) requerido por la planta, ubicándose dentro del rango mínimo 0,18 y el máximo 0,20.

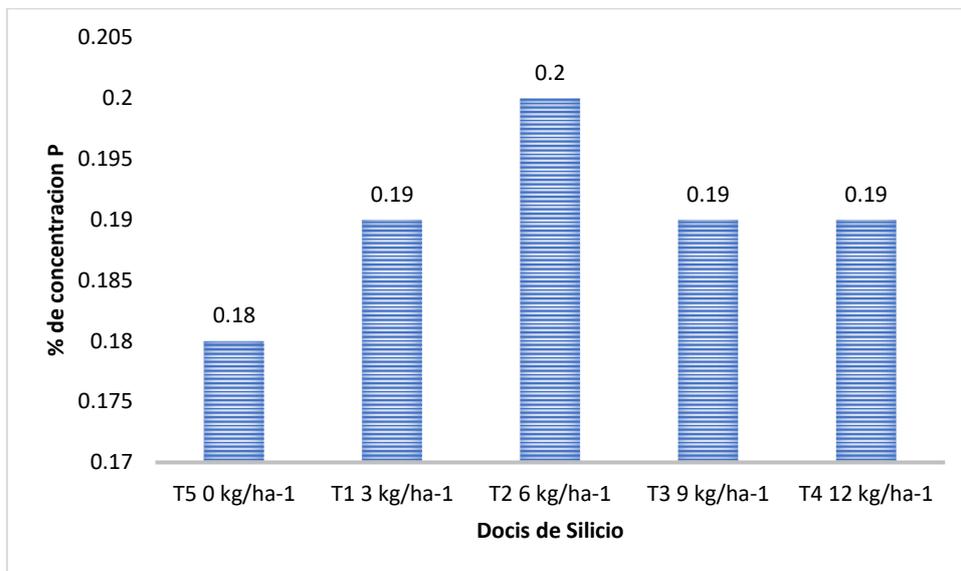


Figura 5. Porcentaje de asimilación de fósforo en la evaluación del Silicio Biodisponible como complemento edáfico en el cultivo de plátano de exportación (*Musa AAB*)” en la fase vegetativa.

Resultados obtenidos sobre el efecto del silicio en la asimilación de fósforo revelan que un bajo porcentaje de fósforo en la planta se puede incrementar o remediar con la incorporación de silicio la cual mejora el transporte del fósforo para obtener una adecuada resistencia a enfermedades, adiciona que el silicio tiene como función reducir el consumo de manganeso y de hierro puesto que estos dos efectos bloquean la disponibilidad del fósforo (Jf y otros, 2001).

4.2.3 Potasio (K)

Los niveles óptimos para aplicar de silicio son entre 6 y 9 kg/ha⁻¹ a partir de 9 kg/ha⁻¹ en adelante empieza a disminuir la concentración de potasio como se muestra en la (figura 6), este se ubica en el grado de exceso (E) superando los rangos establecidos como se muestra en el (anexo 6) que son de 2,90 como mínimo y 4,00 como máximo.

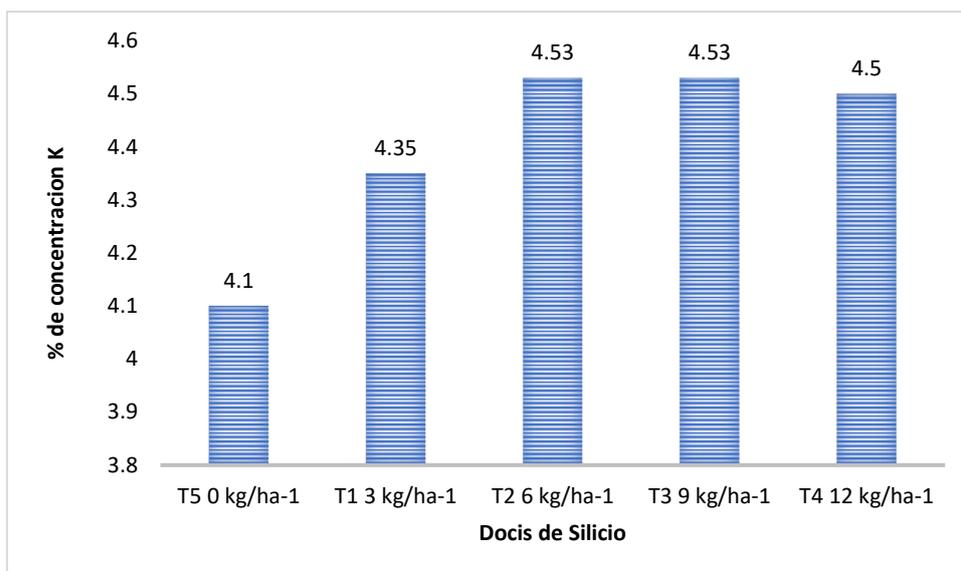


Figura 6. Porcentaje de asimilación de potasio en la evaluación del Silicio Biodisponible como complemento edáfico en el cultivo de plátano de exportación (*Musa AAB*)” en la fase vegetativa.

En la presente investigación se manifiesta que al cabo de dos años de incrementar silicio el cultivo de palma también hubo un incremento de potasio a nivel foliar el cual se sostuvo ascendiendo por este periodo (Rodríguez y otros, 2017) , por lo que concuerda con los resultados obtenidos a partir de las diferentes dosis que a mayores dosis mayor incremento de potasio en la planta, a pesar de que en los resultados la concentración de potasio esta elevada.

4.2.4 Calcio (Ca)

A medida que se van subiendo las diferentes dosis de silicio, empiezan a disminuir los valores de concentración del calcio en el área foliar de la planta, encontrando al calcio en este caso como deficiente (D) demostrado en la (anexo 7), ya que encuentra por debajo del rango mínimo de 1,00 y 1,70 el máximo.

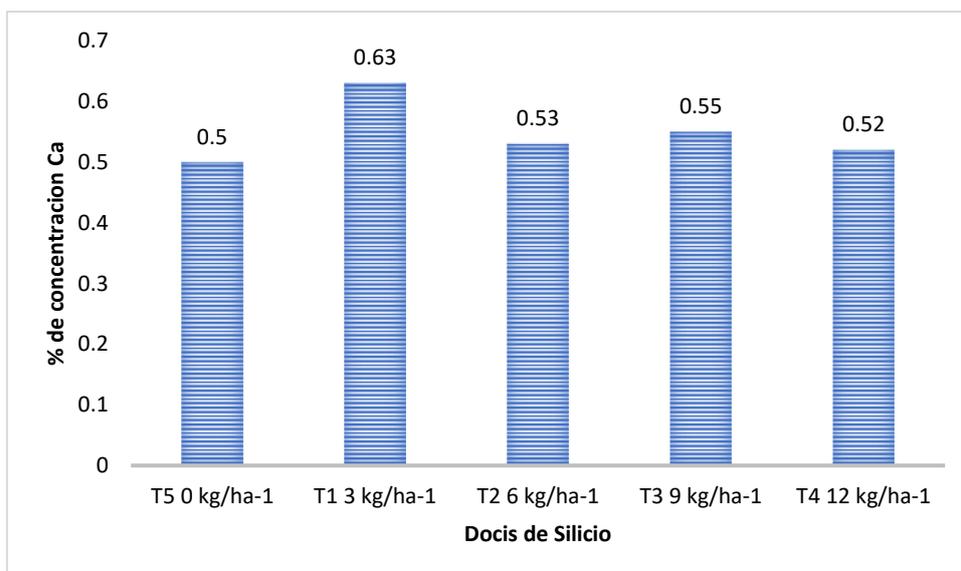


Figura 7. Porcentaje de asimilación de calcio en la evaluación del Silicio Biodisponible como complemento edáfico en el cultivo de plátano de exportación (*Musa AAB*)” en la fase vegetativa.

En el siguiente trabajo de titulación realizado en banano por (Santos, 2017), que manifiesta que el porcentaje de calcio si influyó al momento de obtener mayor número de hojas y en datos de cosechas se tuvieron mejores resultados como mayor peso al racimo con una mayor cantidad y longitud de los dedos, por lo que la aplicación de cantidades mayores de silicio no tiene gran influencia ya que no alcanzan los parámetros establecidos.

4.2.5 Magnesio (Mg)

A mayores cantidades de dosis de silicio mayor es la asimilación y concentración de magnesio, incrementando la presencia del magnesio en la planta, ubicándose por debajo del rango normal (N) como se muestra en la (anexo 8) estipulado como mínimo 0.30 y máximo 0.50.

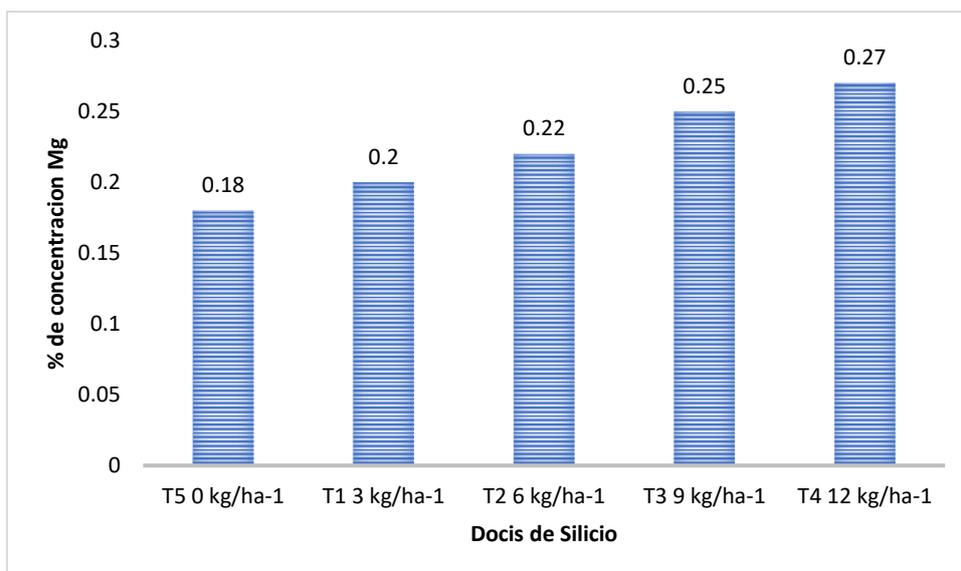


Figura 8. Porcentaje de asimilación de magnesio en la evaluación del Silicio Biodisponible como complemento edáfico en el cultivo de plátano de exportación (*Musa AAB*)” en la fase vegetativa.

A mayor cantidad de silicio incrementa la cantidad de magnesio el cual al subir su concentración bloquea los metales pesados evitando que estos sean traslocados en grandes cantidades y evitando una intoxicación de la planta según lo mencionado por (Higuita & Toro, 2021), lo cual concuerda con los resultados obtenidos que a mayores cantidades de silicio conllevan a las de magnesio.

4.2.6 Azufre (S)

La aplicación del silicio en todos los tratamientos no influye en la asimilación de azufre en la planta, ya que los 5 tratamientos se comportaron de manera semejante posicionándose entre 0,09 y 0,12 encontrándose dentro de un rango deficiente (D) como se muestra en el (Anexo 9) requerido por la planta, ubicándose dentro del rango mínimo 0,14 y el máximo 0,26.

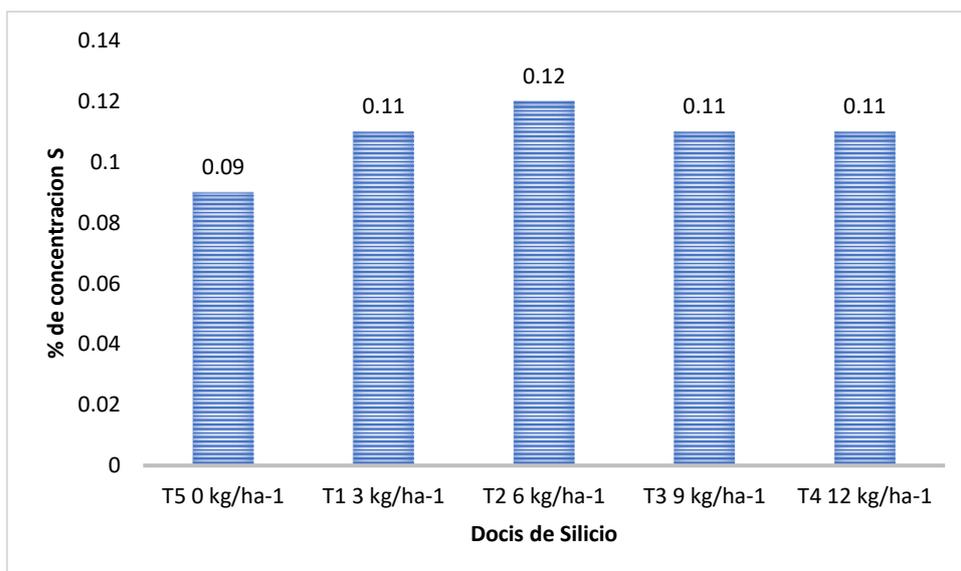


Figura 9. Porcentaje de asimilación de azufre en la evaluación del Silicio Biodisponible como complemento edáfico en el cultivo de plátano de exportación (*Musa AAB*)” en la fase vegetativa.

La toxicidad del azufre es muy poco frecuente que suceda dado que las presentaciones comerciales de fertilizantes las traen en niveles muy bajos en algunos casos se confunde con la deficiencia de nitrógeno por su degradación de clorofila en las hojas de las plantas, tiene un movimiento moderado dentro de la planta según lo manifestado por (Promix, 2021), es dado a que los niveles en los fertilizantes son bajos se evidencia una deficiencia de azufre y por lo que el silicio no influye en la traslocación del mismo.

4.2.7 Cobre (Cu)

Los niveles más altos al aplicar de silicio se encuentran entre 6 y 9 kg/ha⁻¹ a partir de 9 kg/ha⁻¹ dosis mayores a 9 kg/ha⁻¹ reducen la presencia de cobre por lo que se supone que a dosis superiores de 12 kg/ha⁻¹ tendría un descenso beneficioso ubicándose dentro del rango normal ya que está en exceso como se muestra en el (anexo 10), los rangos máximos de 10,00 y mínimos de 7,00 ppm.

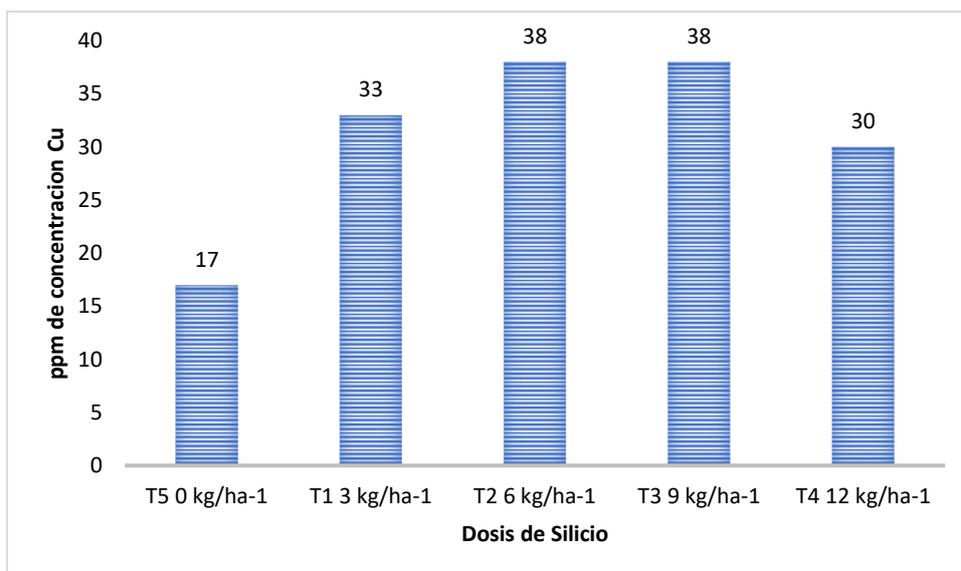


Figura 10. Concentración de ppm del cobre en la evaluación del Silicio Biodisponible como complemento edáfico en el cultivo de plátano de exportación (*Musa AAB*)” en la fase vegetativa.

El silicio ayuda a generar rusticidad a la toxicidad de alto contenido de cobre, comprobando que genera mayor rusticidad en el tallo evitando que se rompan con vientos o fuertes lluvias como en el caso del arroz y el trigo manifestó (Promix, 2021), proceso similar que ocurre en el plátano al poseer un pseudollado debe ser este quien presente vigorosidad el cual no se vio afectado pese a la alta concentración de cobre en todos los tratamientos.

4.2.8 Boro (B)

A medida que se van incrementando las diferentes dosis de silicio, los valores de concentración del boro en el área foliar de la planta empiezan a aumentar, encontrando al boro en este caso como normal (N) aplicando los tratamientos T1, T2 y T5 y superando las dosis de 6 kg/ha^{-1} se sale del rango normal y pasa a ser un exceso mostrándose en el (Anexo 11), los rangos para este micronutriente esta entre el rango mínimo de 2,70 y 3,80 el máximo ppm.

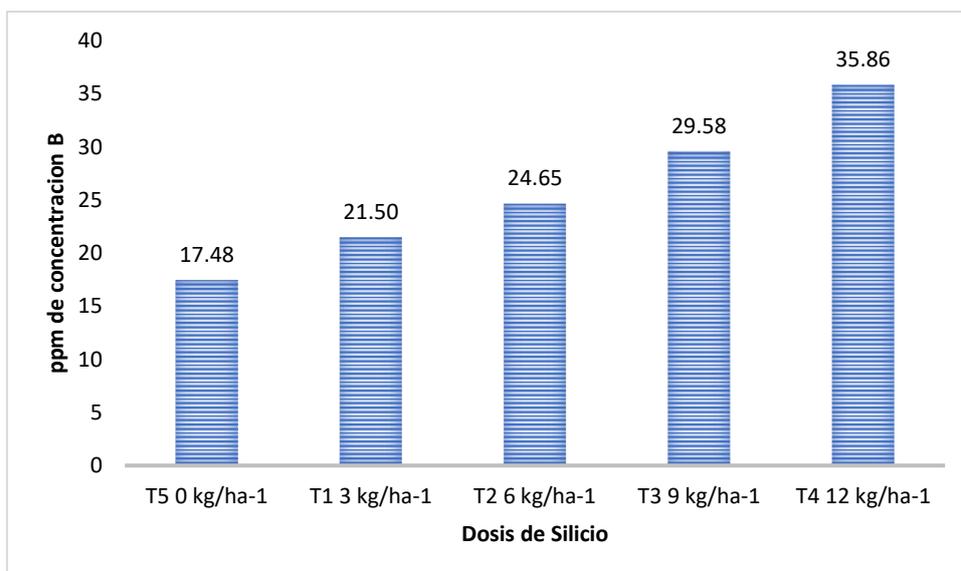


Figura 11. Concentración de ppm del boro en la evaluación del Silicio Biodisponible como complemento edáfico en el cultivo de plátano de exportación (*Musa AAB*)” en la fase vegetativa.

Sobre los efectos del boro (Rejano, 2014) menciona que al boro estar en el suelo de forma no disponible para que sea asimilado por la planta, otros factores que impiden la asimilación del boro son las faltas de lluvias, la intensidad lumínica, la temperatura entre otras catalogados como factores abióticos, al aplicar silicio a la planta en cantidades mayores ayudaría a reducir el nivel de estrés causados por varios factores y acondicionando a la planta para que haga su transporte correcto del borro desde las raíces hacia su sistema foliar.

4.2.9 Hierro (Fe)

A medida que se van incrementando las diferentes dosis de silicio, los valores de concentración del hierro en el área foliar de la planta empiezan a aumentar, encontrando al hierro en este caso como deficiente (D) aplicando los tratamientos T1, T2, T3 y T5 por debajo de las dosis de 12 kg/ha⁻¹, a mayor dosis los niveles de hierro bajan situándose dentro de un rango normal mostrándose en el (Anexo 12), los rangos para este micronutriente esta entre el rango mínimo de 80,00 y 150,00 el máximo ppm.

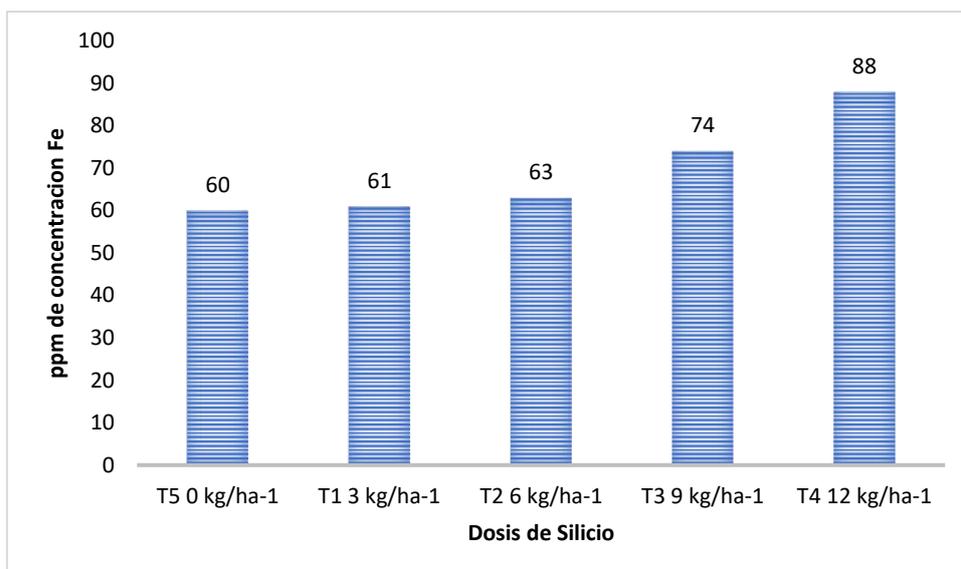


Figura 12. Concentración de ppm del hierro en la evaluación del Silicio Biodisponible como complemento edáfico en el cultivo de plátano de exportación (*Musa AAB*)” en la fase vegetativa.

De acuerdo con (Hernandez, 2012) en cuanto mayores contenidos de silicio aplicados los contenidos de hierro disminuyen librando de ocasionar una toxicidad por las altas dosis de hierro, lo cual no concuerda con resultados obtenidos de que a una mayor dosis de silicio mayor es la dosis de hierro colocándose dentro de un nivel normal, o por otro lado el silicio tiene como único fin estabilizar las concentraciones de hierro.

4.2.10 Zinc (Zn)

El silicio al aplicar dosis bajas aumenta la presencia de zinc, y al aumentar dosis de más de 3 kg/ha⁻¹ de silicio desciende la concentración de zinc haciéndolo más deficiente situándose por debajo de un rango normal como se muestra en el (anexo 13) mostrándose deficiente, los rangos son mínimos son de 17,00 y los máximos de 25,00 ppm.

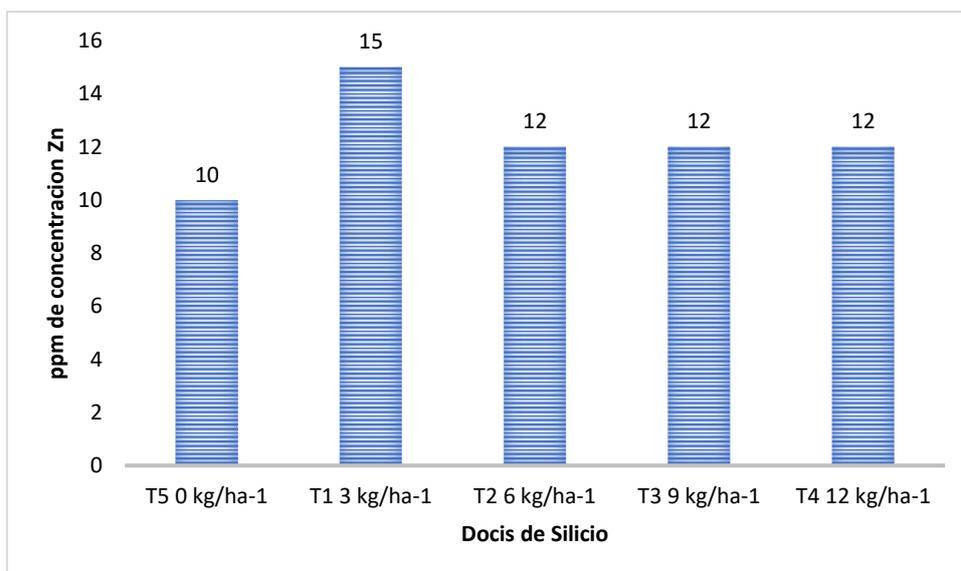


Figura 13. Concentración de ppm del zinc en la evaluación del Silicio Biodisponible como complemento edáfico en el cultivo de plátano de exportación (*Musa AAB*)” en la fase vegetativa.

En la presente investigación se observa que a mayores cantidades de silicio se observó que se reducen los niveles de zinc desde la parte principal de las raíces hasta sus brotes disminuyendo la concentración en los brotes de arroz (Naoki & Namiki, 2008), la cual concuerda con los datos obtenidos en resultados que se encuentra deficiente el zinc en las hojas evitando una fitotoxicidad, y al mismo tiempo promoviendo el crecimiento

4.2.11 Manganeseo (Mn)

Las dosis de silicio aplicadas en el tratamiento no lograron llegar al rango normal (N) establecido como se muestra en el (anexo 14) de 85,00 como máximo y un mínimo de 73,00, a pesar de no estar dentro del rango normal el T1 fue el que alcanzó 48 ppm.

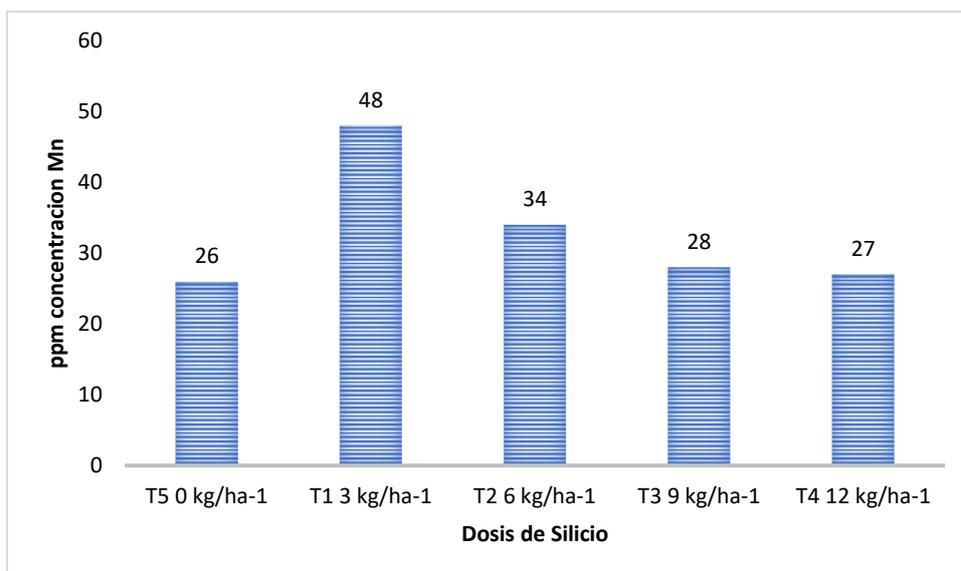


Figura 14. Concentración de ppm del manganeso en la evaluación del Silicio Biodisponible como complemento edáfico en el cultivo de plátano de exportación (*Musa AAB*)” en la fase vegetativa.

Problemas de estrés provocados por el exceso de manganeso impedirá el crecimiento de la planta y también se verá afectado el sistema radicular, el aporte de silicio reduce manganeso de tres formas diferentes dependiendo de la especie a evaluar según (Dimasa, 2019) datos que no corroboran los resultados obtenidos que a mayor aplicación de silicio el manganeso es encontrado en menores cantidades situándose en un nivel de deficiencia.

4.3 Análisis económico

4.3.1 Análisis de costos de inversión

Tabla 7. Costos de los tratamientos en la evaluación del Silicio Biodisponible como complemento edáfico en el cultivo de plátano de exportación (*Musa AAB*)” en la fase vegetativa.

Tratamientos	T1: Dosis de Silicio biodisponibles 3 kg/ha-1.	T2: Dosis de Silicio biodisponibles 6 kg/ha-1.	T3: Dosis de Silicio biodisponibles 9 kg/ha-1.	T4: Dosis de Silicio biodisponibles 12 kg/ha-1.	T5: Testigo 0 kg ha-1
Costos fijos					
Cebollines	\$36,00	\$36,00	\$36,00	\$36,00	\$36,00
Gallinaza	\$0,60	\$0,60	\$0,60	\$0,60	\$0,60
Óxido de calcio	\$0,40	\$0,40	\$0,40	\$0,40	\$0,40
Funda	\$2,34	\$2,34	\$2,34	\$2,34	\$2,34

Preparación de sustrato y llenado de funda	\$6,00	\$6,00	\$6,00	\$6,00	\$6,00
Siembra (Mano de obra)	\$3,00	\$3,00	\$3,00	\$3,00	\$3,00
Control sanitario insumo	\$0,16	\$0,16	\$0,16	\$0,16	\$0,16
Control de malezas (Mano de obra)	\$1,50	\$1,50	\$1,50	\$1,50	\$1,50
Control sanitario (Mano de obra)	\$1,50	\$1,50	\$1,50	\$1,50	\$1,50
Riego	\$3,00	\$3,00	\$3,00	\$3,00	\$3,00
Total, Costos fijos	\$54,50	\$54,50	\$54,50	\$54,50	\$54,50
Costos variables					
Silicio Biodisponible	\$0,14	\$0,28	\$0,43	\$0,57	\$0,00
Fertilizante	\$7,92	\$7,92	\$7,92	\$7,92	\$7,92
Mano de obra	\$1,50	\$1,50	\$1,50	\$1,50	\$1,50
Total, Costos Variables	\$9,56	\$9,70	\$9,85	\$9,99	\$9,42
Costo total	\$64,06	\$64,20	\$64,35	\$64,49	\$63,92

CAPITULO V

5 CONCLUSIONES

- Se decidió que el tratamiento dos como efecto individual tuvo diferencia con el testigo pese a que no fue significativa se evidencio una media de 22 centímetros en altura de la planta por lo que se determina que aplicación de silicio no incide significativamente en la altura de la planta.
- Se acordó que la dosis aplicada en el T4 (dosis alta de silicio 12 kg/ha⁻¹) no genero una diferencia significativa en comparación al T5 (solo fertilizante sin silicio), a pesar de que al comparar las medias se determina que si existe un engrosamiento del pseudotallo al aplicar fertilizante complementando con 12kg de silicio por hectárea.
- Se determinó que la mejor dosis a aplicar a una platanera en la fase vegetativa es el T4 (dosis alta de silicio 12 kg/ha⁻¹), ya que ayuda al engrosamiento y emisión del número de hojas, aunque estadísticamente no sea significativo, adicionando que reduce el estrés al no verse afectada por factores bióticos y abióticos.
- Al desarrollar el análisis económico de los tratamientos evaluados, se diagnosticó que los valares de los costos no son elevados al aplicar el T4 el cual genera un costo adicional de 0,57 centavos de dólar más que el T5 que tiene un costo de producción de 63,92 dólares por hectárea.

CAPITULO VI

6 RECOMENDACIONES

- Investigar nuevas aplicaciones con fines de obtener una robustez en el plátano al momento del ataque de insectos, nematodos, sigatoka negra, radiación solar, bajas temperaturas y falta de humedad a causas de deficiencias de lluvias o sistemas de riego.
- Se aconseja seguir utilizando el T4 en la fase vegetativa del plátano para incrementar valores del pseudotallo, número de hojas y altura de la planta, lo cual conlleve a una mayor producción por hectárea.
- Mediante el análisis económico de los costos se recomienda utilizar dosis de silicio recomendada ya que el incremento de gastos es accesible y ayuda a que la plantación tenga una mejor robustez lo cual reduzca el índice de pérdidas económicas por daños a las plantas.

7 REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AEFA. (2021). <https://aeфа-agronutrientes.org/el-silicio-como-fertilizante-y-bioestimulante-agricola>
- Alvarez, J. H. (2011). *LAS VIRTUDES DEL SILICIO*. Retrieved 18 de Mayo de 2011, from <https://cultivodeplatano.com/2011/05/18/las-virtudes-del-silicio/>
- Álvarez, M. E., León, C. S., Sánchez, B. M., & Cusme, M. B. (2020). [file:///C:/Users/Personal/Downloads/Dialnet-EvaluacionSocioeconomicaDeLaProduccionDePlatanoEnL-7888294%20\(3\).pdf](file:///C:/Users/Personal/Downloads/Dialnet-EvaluacionSocioeconomicaDeLaProduccionDePlatanoEnL-7888294%20(3).pdf)
- Barrera, J. L., Cardona, C. E., & Cayón, D. G. (2011). <https://editorialzenu.com/images/1467833541.pdf>
- Benalcazar. (1991). <https://www.worldcat.org/title/cultivo-del-platano-musa-aab-simmonds-en-el-tropico/oclc/708365882>
- Bloodnick, E. (2021). *Rol del silicio en el cultivo de plantas*. Estados Unidos. Retrieved 09 de Noviembre de 2021, from <https://www.phorticulture.com/es/centro-de-formacion/rol-del-silicio-en-el-cultivo-de-plantas/>
- Borda, O. A., Barón, F. H., & Gómez, M. I. (02 de Julio-Diciembre de 2007). <https://www.redalyc.org/pdf/1803/180320296009.pdf>
- D`Alessandro, M. (24 de Mayo de 2017). *Plátano*. <https://www.flores.ninja/platano/>
- Delgadillo, D. I. (2014). *Estudio comparativo del rendimiento del plátano Barraganete VS. Guayaquil, Ecuador*. Retrieved 25 de Septiembre de 2014, from <http://repositorio.ucsg.edu.ec/bitstream/3317/2505/1/T-UCSG-PRE-TEC-AGRO-55.pdf>
- Diatomeasiberia. (07 de Febrero de 2017). <https://www.portalfruticola.com/noticias/2019/02/07/tierra-de-diatomeas-todo-lo-que-necesitas-saber-y-como-utilizarla/>
- Dimasa. (2019). <https://atoranzo.medium.com/uso-eficiente-del-silicio-en-la-agricultura-nuevas-mejoras-el-b3d9078c7f4c>
- EL COMERCIO. (02 de Abril de 2011). Tres tipos de plátano se cosechan: <https://www.elcomercio.com/actualidad/negocios/tres-tipos-de-platano-se.html>
- EL PRODUCTOR. (02 de Abril de 2018). Manejo del cultivo de plátano: <https://elproductor.com/2018/04/manejo-del-cultivo-de-platano/>
- Fresh Produce Desk Book. (1999). <https://www.frutas-hortalizas.com/Frutas/Origen-produccion-Platano.html#:~:text=El%20origen%20de%20la%20platanera,Sudam%C3%A9rica%2C%20Am%C3%A9rica%20Central%20y%20Asia.>
- FRUTAS Y HORTALIZAS. (2021). PLÁTANO, MUSA SP. / MUSACEAE: <https://www.frutas-hortalizas.com/Frutas/Presentacion-Platano.html#:~:text=El%20verdadero%20tallo%20de%20la,caracteres%20de%20rizoma%20y%20bulbo.>
- Gerra, L. A., & Linares, R. E. (2018). <http://www.dspace.espol.edu.ec/bitstream/123456789/51516/1/T-109853.pdf>
- Guerrero, I. M. (2010). *GUIA TECNICA DEL CULTIVO*. El Salvador: CENTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA AGROPECUARIA. Retrieved Diciembre de 2010, from <http://www.centa.gob.sv/docs/guias/frutales/GUIA%20CULTIVO%20PLATANO%202011.pdf>
- Gutiérrez, E. Q. (2011). <https://cultivodeplatano.com/2011/05/18/las-virtudes-del-silicio/>
- Hernandez, N. D. (2012). <https://repositorio.uta.edu.ec/bitstream/123456789/8220/1/Tesis-83%20%20%20Ingenier%C3%ADa%20Agron%C3%B3mica%20-CD%20292.pdf>
- Higueta, F. R., & Toro, N. G. (2021). <https://www.agrosilicium.com/efecto-del-silicio-y-el-magnesio-en-el-alivio-del-estres-causado-por-metales-pesados/>
- INAMHI. (2014). *Anuario Meteorológico*. https://www.inamhi.gob.ec/docum_institucion/anuarios/meteorologicos/Am%202011.pdf
- INEC. (2021).

- <https://app.powerbi.com/view?r=eyJrjoiNjk1M2M4Y2UtNmYwOS00MDk1LWlXZyZgtNmVkmzM5ODMzODNlIiwidCI6ImYxNThhMmU4LWNhZWVtNDQwNi1iMGFiLWY1ZTl1OWJkYTEtMiJ9&pageName=ReportSection5b660c865b9de068070e>
- INFOAGRO. (25 de Septiembre de 2009). EL CULTIVO DEL PLÁTANO :
https://www.infoagro.com/frutas/frutas_tropicales/platano.htm
- Infoagro. (28 de Noviembre de 2019).
https://www.infoagro.com/documentos/uso_eficiente_del_silicio_agricultura__interaccion_nutrientes_.asp
- INFOAGRO. (2021). *El plátano es la fruta tropical más cultivada y una de las cuatro más importantes en términos globales, sólo por detrás de los cítricos, la uva y la manzana.*
https://www.infoagro.com/documentos/el_cultivo_del_platano__banano_.asp
- Jaramillo, Q. C. (2021).
<https://cia.uagraria.edu.ec/Archivos/JARAMILLO%20QUNDE%20CARLOS%20JAVIER.pdf>
- Jaramillo, R., Hernández, Á., & Torrealba, D. (14 de Marzo de 2015).
<https://es.scribd.com/doc/259035790/Generalidades-Del-Platano>
- Jf, M., Miyake, & Takashi. (2001).
<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0928342001800069#>
- Legarda, L. D., Benavidez, C. G., & Ruiz, E. H. (2015).
<https://revistas.unicauca.edu.co/index.php/biotecnologia/article/view/384>
- Naoki, Y., & Namiki, M. (Junio de 2008).
https://www.researchgate.net/publication/5334601_A_Transporter_Regulating_Silicon_Distribution_in_Rice_Shoots
- Promix. (24 de Septiembre de 2021). <https://www.pthorticulture.com/es/centro-de-formacion/rol-del-azufre-en-el-cultivo-de-plantas/>
- Promix. (09 de Noviembre de 2021). <https://www.pthorticulture.com/es/centro-de-formacion/rol-del-silicio-en-el-cultivo-de-plantas/>
- Rejano, E. M. (2014). <https://rio.upo.es/xmlui/bitstream/handle/10433/1510/tesis-esperanza-martin.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Rodríguez, N., Moreno, G., García, L., Zarate, M., Arango, J., González, Y., & López, R. (17 de Noviembre de 2017). <https://es.slideshare.net/OrlandoSnchezV/beneficios-del-silicio-en-la-agricultura>
- Ruiz, M. (10 de Septiembre de 2021). <https://coagrotecnia.com/importancia-del-silicio-en-la-fertilizacion-de-cultivos-agricolas/#:~:text=Las%20acumulaciones%20de%20silice%20en,Fuente%3A%20Ing>
- Sánchez, P. S., Barrezueta, U. S., Azuero, C. H., & Condoy, G. A. (10 de Diciembre de 2020).
<https://investigacion.utmachala.edu.ec/proceedings/index.php/utmach/article/view/498/398>
- Santos, J. A. (2017). <http://dspace.utb.edu.ec/bitstream/handle/49000/4133/TE-UTB-FACIAG-ING%20AGRON-000069.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Valero, C. M. (s.f.). <http://dspace.utb.edu.ec/bitstream/handle/49000/6169/TE-UTB-FACIAG-ING%20AGROP-000057.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Velásquez, J. (2022).
- Vézina, A., & Baena, M. (15 de Julio de 2020). *ProMusa*.
<https://www.promusa.org/Morfolog%C3%ADa+de+la+planta+del+banano>
- Vindas, C. F. (2012). <https://repositoriotec.tec.ac.cr/handle/2238/4018>

8 ANEXOS

Anexo 1. Análisis de la Varianza de la variable para Altura de la planta en la evaluación de la aplicación de silicio biodisponible en el cultivo de plátano de exportación (*Musa AAB*) en la fase vegetativa.

F.V.	Suma de cuadrados (SC)	Grados de libertad (gl)	Cuadrado Medio (CM)	F	p-valor	Rangos
Total	1,79	19				
Repetición	0,71	3	0,24	2,97	0,0744	
Tratamiento	0,12	4	0,03	0,37	0,8261	ns
Error	0,96	12	0,08			
CV	11,24					

Anexo 2. Análisis de la Varianza para el Perímetro del pseudotallo en la evaluación de la aplicación de silicio biodisponible en el cultivo de plátano de exportación (*Musa AAB*) de la planta en la fase vegetativa.

F.V.	Suma de cuadrados (SC)	Grados de libertad (gl)	Cuadrado Medio (CM)	F	p-valor	Rangos
Total	959,76	19				
Repetición	502,44	3	167,48	5,48	0,0132	
Tratamiento	90,48	4	22,62	0,74	0,5826	ns
Error	366,84	12	30,57			
CV	8,4					

Anexo 3. Análisis de la Varianza para el número hojas en la evaluación de la aplicación de silicio biodisponible en el cultivo de plátano de exportación (*Musa AAB*) en la fase vegetativa.

F.V.	Suma de cuadrados (SC)	Grados de libertad (gl)	Cuadrado Medio (CM)	F	p-valor	Rangos
Total	15,65	19				
Repetición	2,61	3	0,87	0,97	0,4379	
Tratamiento	2,31	4	0,58	0,65	0,6408	ns
Error	10,73	12	0,89			
CV	4,19					

Anexo 4. Concentraciones de N en la evaluación de la aplicación de silicio biodisponible en el cultivo de plátano de exportación (*Musa AAB*) en la fase vegetativa.

T5 0 kg/ha ⁻¹	T1 3 kg/ha ⁻¹	T2 6 kg/ha ⁻¹	T3 9 kg/ha ⁻¹	T4 12 kg/ha ⁻¹
3,1	3,72	3,5	3,2	3,15
N	N	N	N	N

Anexo 5. Concentraciones de P en la evaluación de la aplicación de silicio biodisponible en el cultivo de plátano de exportación (*Musa AAB*) en la fase vegetativa.

T5 0 kg/ha ⁻¹	T1 3 kg/ha ⁻¹	T2 6 kg/ha ⁻¹	T3 9 kg/ha ⁻¹	T4 12 kg/ha ⁻¹
0,18	0,19	0,2	0,19	0,19
N	N	N	N	N

Anexo 6. Concentraciones de K en la evaluación de la aplicación de silicio biodisponible en el cultivo de plátano de exportación (*Musa AAB*) en la fase vegetativa.

T5 0 kg/ha ⁻¹	T1 3 kg/ha ⁻¹	T2 6 kg/ha ⁻¹	T3 9 kg/ha ⁻¹	T4 12 kg/ha ⁻¹
4,1	4,35	4,53	4,53	4,5
E	E	E	E	E

Anexo 7. Concentraciones de Ca en la evaluación de la aplicación de silicio biodisponible en el cultivo de plátano de exportación (*Musa AAB*) en la fase vegetativa.

T5 0 kg/ha ⁻¹	T1 3 kg/ha ⁻¹	T2 6 kg/ha ⁻¹	T3 9 kg/ha ⁻¹	T4 12 kg/ha ⁻¹
0,5	0,63	0,53	0,55	0,52
D	D	D	D	D

Anexo 8. Concentraciones de Mg en la evaluación de la aplicación de silicio biodisponible en el cultivo de plátano de exportación (*Musa AAB*) en la fase vegetativa.

T5 0 kg/ha ⁻¹	T1 3 kg/ha ⁻¹	T2 6 kg/ha ⁻¹	T3 9 kg/ha ⁻¹	T4 12 kg/ha ⁻¹
0,18	0,2	0,22	0,25	0,27
D	D	D	D	D

Anexo 9. Concentraciones de S en la evaluación de la aplicación de silicio biodisponible en el cultivo de plátano de exportación (*Musa AAB*) en la fase vegetativa.

T5 0 kg/ha ⁻¹	T1 3 kg/ha ⁻¹	T2 6 kg/ha ⁻¹	T3 9 kg/ha ⁻¹	T4 12 kg/ha ⁻¹
0,09	0,11	0,12	0,11	0,11
D	D	D	D	D

Anexo 10. Concentraciones de Cu en la evaluación de la aplicación de silicio biodisponible en el cultivo de plátano de exportación (*Musa AAB*) en la fase vegetativa.

T5 0 kg/ha ⁻¹	T1 3 kg/ha ⁻¹	T2 6 kg/ha ⁻¹	T3 9 kg/ha ⁻¹	T4 12 kg/ha ⁻¹
17	33	38	38	30
E	E	E	E	E

Anexo 11. Concentraciones de B en la evaluación de la aplicación de silicio biodisponible en el cultivo de plátano de exportación (*Musa AAB*) en la fase vegetativa.

T5 0 kg/ha ⁻¹	T1 3 kg/ha ⁻¹	T2 6 kg/ha ⁻¹	T3 9 kg/ha ⁻¹	T4 12 kg/ha ⁻¹
17,48	21,5	24,65	29,58	35,86
N	N	N	E	E

Anexo 12. Concentraciones de Fe en la evaluación de la aplicación de silicio biodisponible en el cultivo de plátano de exportación (*Musa AAB*) en la fase vegetativa.

T5 0 kg/ha ⁻¹	T1 3 kg/ha ⁻¹	T2 6 kg/ha ⁻¹	T3 9 kg/ha ⁻¹	T4 12 kg/ha ⁻¹
--------------------------	--------------------------	--------------------------	--------------------------	---------------------------

60	61	63	74	88
D	D	D	D	N

Anexo 13. Concentraciones de Zn en la evaluación de la aplicación de silicio biodisponible en el cultivo de plátano de exportación (*Musa AAB*) en la fase vegetativa.

T5 0 kg/ha ⁻¹	T1 3 kg/ha ⁻¹	T2 6 kg/ha ⁻¹	T3 9 kg/ha ⁻¹	T4 12 kg/ha ⁻¹
10	15	12	12	12
D	D	D	D	D

Anexo 14. Concentraciones de Mn en la evaluación de la aplicación de silicio biodisponible en el cultivo de plátano de exportación (*Musa AAB*) en la fase vegetativa.

T5 0 kg/ha ⁻¹	T1 3 kg/ha ⁻¹	T2 6 kg/ha ⁻¹	T3 9 kg/ha ⁻¹	T4 12 kg/ha ⁻¹
26	48	34	28	27
D	D	D	D	D

Anexo 15. Resultados de análisis foliares

RESULTADOS: ANÁLISIS FOLIAR

Datos del cliente		Referencia	
Cliente :	Dr. Jackson Jesús Velásquez Zambrano	Numero de muestra:	6402
Propiedad :	ULEAM	Fecha de Ingreso:	29/7/2022
Identificación:		Fecha de impresión:	6/8/2022
Cultivo:	Plátano de Exportación (MUSA AAB)	Fecha de Entrega:	8/8/2022
Edad :	T1-3 kg SILICIO / 9 MESES	No. Laboratorio	Desde 0 001 Hasta:

VALORES	MATERIA SECA (%)											
	N		P		K		Ca		Mg		S	
Tiene	3,72		0,19		4,35		0,63		0,20		0,11	
	Min	Max	Min	Max	Min	Max	Min	Max	Min	Max	Min	Max
Niv. Adec.	2,70	3,80	0,18	0,22	2,90	4,00	1,00	1,70	0,30	0,50	0,14	0,26
Interpretación	N		N		E		D		D		D	

VALORES	ppm									
	Cu		B		Fe		Zn		Mn	
Tiene	33,00		21,52		61,00		15,00		48,00	
	Min	Max	Min	Max	Min	Max	Min	Max	Min	Max
Niv. Adec.	7,00	10,00	13,00	29,00	80,0	150,0	17,00	25,00	73,0	86,0
Interpretación	E		N		D		D		D	

VALORES	RELACIONES					BASES (%)
	N/k	N/P	Mg/k	Ca/B	(Ca+Mg)/k	(K+Ca+Mg)
	R4	R5	R2	R1	R3	SUMATORIA
Tiene	0,86	19,58	0,05	292,75	0,19	5,18

FUENTE: Abellan y Calvache, 2015

Interpretación
D: Deficiente
N: Normal
E: Exceso



Dra. Luz María Martínez
LABORATORISTA
AGROLAB



Dirección:
Calle Río Chumbira N° 602 y Zamora. (A dos cuadras
de la Clínica Araujo margen izquierdo).
Teléfono:
2732-607

M&J

RESULTADOS: ANÁLISIS FOLIAR

Datos del cliente		Referencia	
Cliente :	Sr. Jackson Jesús Velásquez Zambrano	Numero de muestra:	6403
Propiedad :	ULEAM	Fecha de Ingreso:	29/7/2022
Identificación:		Fecha de impresión:	6/8/2022
Cultivo:	Plátano de Exportación (MUSA AAB)	Fecha de Entrega:	8/8/2022
Edad :	T2-6 kg SILICIO / 9 MESES	No. Laboratorio:	Desde: 0 001 Hasta:

MATERIA SECA (%)												
VALORES	N		P		K		Ca		Mg		S	
Tiene	3,50		0,20		4,53		0,53		0,22		0,12	
	Min	Max										
Niv. Adec.	2,70	3,80	0,18	0,22	2,90	4,00	1,00	1,70	0,30	0,50	0,14	0,26
Interpretación	N		N		E		D		D		D	

ppm										
VALORES	Cu		B		Fe		Zn		Mn	
Tiene	38,00		24,65		63,00		12,00		34,00	
	Min	Max	Min	Max	Min	Max	Min	Max	Min	Max
Niv. Adec.	7,00	10,00	13,00	29,00	80,0	150,0	17,00	25,00	73,0	85,0
Interpretación	E		N		D		D		D	

RELACIONES						BASES (%)
VALORES	N/k	N/P	Mg/k	Ca/B	(Ca+Mg)/k	(K+Ca+Mg)
	R4	R5	R2	R1	R3	SUMATORIA
Tiene	0,77	17,50	0,05	215,01	0,17	5,28

FUENTE: Abellan y Calvache, 2016

Interpretación
D: Deficiente
N: Normal
E: Exceso



Dra. Luz María Martínez
LABORATORISTA
AGROLAB



Dirección:
Calle Río Chumbi N° 602 y Zamora. (A dos cuadras de la Clínica Amajo margen izquierda)
Teléfono:
2752-607

M&J

RESULTADOS: ANÁLISIS FOLIAR

Datos del cliente		Referencia	
Cliente :	Sr. Jackson Jesús Velásquez Zambrano	Numero de muestra:	5404
Propiedad:	ULEAM	Fecha de Ingreso:	29/7/2022
Identificación:		Fecha de impresión:	6/8/2022
Cultivo:	Plátano de Exportación (MUSA AAB)	Fecha de Entrega:	8/8/2022
Edad :	T3-9 kg SILICIO / 9 MESES	No. Laboratorio(Desde:	0 001 Hasta:

MATERIA SECA (%)												
VALORES	N		P		K		Ca		Mg		S	
Tiene	3,20		0,19		4,53		0,55		0,25		0,11	
	Min	Max										
Niv. Adec.	2,70	3,80	0,18	0,22	2,90	4,00	1,00	1,70	0,30	0,50	0,14	0,16
Interpretación	N		N		E		D		D		D	

ppm										
VALORES	Cu		B		Fe		Zn		Mn	
Tiene	38,00		29,58		74,00		12,00		28,00	
	Min	Max	Min	Max	Min	Max	Min	Max	Min	Max
Niv. Adec.	7,00	10,00	13,00	29,00	80,0	150,0	17,00	25,00	73,0	85,0
Interpretación	E		E		D		D		D	

RELACIONES						BASES (%)
VALORES	N/k	N/P	Mg/k	Ca/B	(Ca+Mg)/k	(K+Ca+Mg)
	R4	R5	R2	R1	R3	SUMATORIA
Tiene	0,71	16,84	0,06	185,94	0,18	5,33

FUENTE: Abellan y Calvache, 2016

Interpretación

D: Deficiente
N: Normal
E: Exceso



Dra. Luz María Martínez
LABORATORISTA
AGROLAB



Dirección:
Calle Río Chambira N° 602 y Zamora. (A dos cuadras
de la Clínica Araujo margen izquierdo)
Teléfono:
2752-607

M&J

RESULTADOS: ANÁLISIS FOLIAR

Datos del cliente		Referencia	
Cliente	Sr. Jackson Jesús Velásquez Zambrano	Numero de muestra:	6405
Propiedad:	ULEAM	Fecha de Ingreso:	29/7/2022
Identificación:		Fecha de Impresión:	6/8/2022
Cultivo:	Plátano de Exportación (MUSA AAB)	Fecha de Entrega:	8/8/2022
Edad	T4-12 kg SILICIO / 9 MESES	No. Laboratorio Desde:	0.001 Hasta:

MATERIA SECA (%)												
VALORES	N		P		K		Ca		Mg		S	
Tiene	3,15		0,19		4,50		0,52		0,27		0,11	
	Min	Max										
Niv. Adec.	2,70	3,80	0,18	0,22	2,90	4,00	1,00	1,70	0,30	0,50	0,14	0,26
Interpretación	N		N		E		D		D		D	

ppm										
VALORES	Cu		B		Fe		Zn		Mn	
Tiene	30,00		35,88		88,00		12,00		27,00	
	Min	Max	Min	Max	Min	Max	Min	Max	Min	Max
Niv. Adec.	7,00	10,00	13,00	29,00	80,0	150,0	17,00	25,00	73,0	85,0
Interpretación	E		E		N		D		D	

RELACIONES						BASES (%)
VALORES	N/k	N/P	Mg/k	Ca/B	(Ca+Mg)/k	(K+Ca+Mg)
	R4	R5	R2	R1	R3	SUMATORIA
Tiene	0,7	16,58	0,06	145,01	0,18	5,29

FUENTE: Abellan y Calvache, 2015

Interpretación

D: Deficiente
N: Normal
E: Exceso



Dra. Luz María Martínez
LABORATORISTA
AGROLAB



Dirección:
Calle Río Chambira N° 602 y Zamora. (A dos cuadras
de la Clínica Araujo margen izquierdo)
Teléfono:
2752-607

M&J

RESULTADOS: ANÁLISIS FOLIAR

Datos del cliente		Referencia	
Cliente :	Sr. Jackson Jesús Velásquez Zambrano	Numero de muestra:	6406
Propiedad:	ULEAM	Fecha de Ingreso:	29/7/2022
Identificación:		Fecha de Impresión:	6/8/2022
Cultivo:	Plátano de Exportación (MUSA AAB)	Fecha de Entrega:	8/8/2022
Edad :	T5-TESTIGO / 8 MESES	No. Laboratorio Desde:	0 001 Hasta:

MATERIA SECA (%)												
VALORES	N		P		K		Ca		Mg		S	
Tiene	3,10		0,18		4,10		0,50		0,18		0,09	
	Min	Max										
Niv. Adec.	2,70	3,80	0,18	0,22	2,60	4,00	1,00	1,70	0,30	0,50	0,14	0,26
Interpretación	N		N		E		D		D		D	

ppm										
VALORES	Cu		B		Fe		Zn		Mn	
Tiene	17,00		17,48		60,00		10,00		28,00	
	Min	Max	Min	Max	Min	Max	Min	Max	Min	Max
Niv. Adec.	7,00	10,00	13,00	29,00	80,0	150,0	17,00	26,00	73,0	85,0
Interpretación	E		N		D		D		D	

RELACIONES												
VALORES	N/K		N/P		Mg/k		Ca/B		(Ca+Mg)/k		BASES (%)	
	R4		R5		R2		R1		R3		SUMATORIA	
Tiene	0,76		17,22		0,04		296,04		0,17		4,78	

FUENTE: Abellan y Calvache, 2016

Interpretación

D: Deficiente

N: Normal

E: Exceso



Dra. Luz María Martínez
LABORATORISTA
AGROLAB



Dirección:
Calle Río Chumbín N° 602 y Zamora. (A dos cuadras
de la Clínica Anajo margen izquierdo)
Teléfono:
2753-6037

M&J

Anexo 16. Banco de fotografías



Anexo Control de insectos, por el metodo de aspercion



Anexo Llenado de pollinaza



Anexo Regado de la pollinaza



Anexo Tratamiento de la pollinza



Anexo Pesado del silicio para aplicar



Anexo Primera toma de datos de las variables perímetro, altura del pseudotallo y número de hojas de la planta



Anexo Labores agrícolas, deshoje y cirugía de las áreas afectadas



Anexo Pesado del fertilizante



Anexo Fraccionamiento de la mezcla



Anexo Fertilización de los 5 tratamientos con su respectiva dosis de Silicio



Anexo Segunda toma de datos de las variables perímetro y altura del pseudotallo



Anexo Segunda marcación y toma de datos de acuerdo a la variable que mide el número de hojas en la planta



Anexo 16. Fraccionamiento del fertilizante de acuerdo al tratamiento a aplicar



Anexo 17. Aplicación de la dosis de mezcla



Anexo Fertilización del edafica a toda el area del ensayo según el tratamiento a aplicar



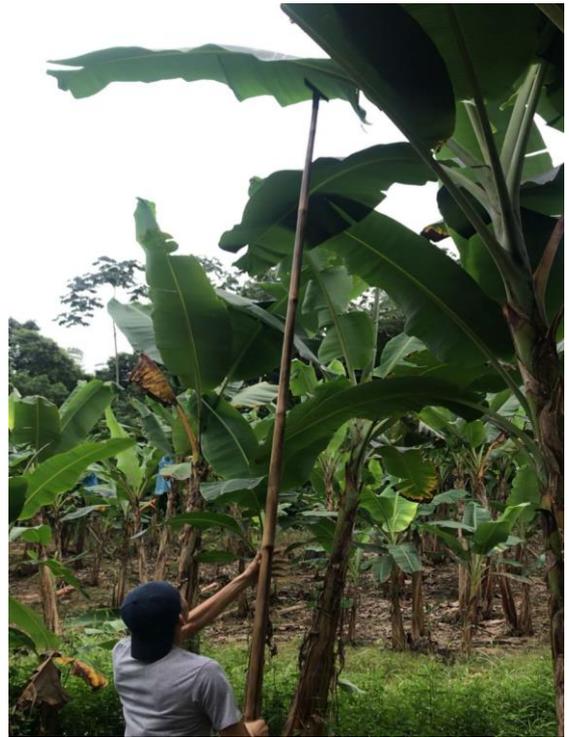
Anexo Tercera toma de datos de las variables perímetro y altura del pseudotallo



Anexo Marcado, conteo y toma de datos la variable número de hojas de la planta



Anexo Datos finales de la fase vegetativa del ensayo



Anexo Toma de muestras foliares, previas a los respectivos análisis



Anexo Extracción del material foliar necesario para los análisis correspondientes



Anexo Selección y rotulación del material foliar extraído en campo



Anexo Rotulación conforme a cada tratamiento del material foliar, previo a su empaque para su posterior traslado al laboratorio