



UNIVERSIDAD AGRARIA DEL ECUADOR
FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS
DR. JACOBO BUCARAM ORTIZ
CARRERA DE INGENIERÍA AGRONÓMICA

**EVALUACIÓN DE DOS FORMAS DE APLICACIÓN DE
SILICIO CON DOS DOSIS EN PLANTAS IN VITRO EN EL
CULTIVO DE BANANO (*Musa acuminata* AAA)**

TRABAJO EXPERIMENTAL

Trabajo de titulación presentado como requisito
para la obtención del título de
INGENIERO AGRÓNOMO

AUTOR
TOALA VERA WASHINGTON GABRIEL

TUTOR
ING. MARTILLO GARCÍA JUAN JAVIER, M.SC.

MILAGRO – ECUADOR
2022



UNIVERSIDAD AGRARIA DEL ECUADOR
FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS
CARRERA DE INGENIERÍA AGRONÓMICA

APROBACIÓN DEL TUTOR

Yo, **Ing. Juan Javier Martillo, M.Sc.**, docente de la Universidad Agraria del Ecuador, en mi calidad de Tutor, certifico que el presente trabajo de titulación: **EVALUACIÓN DE DOS FORMAS DE APLICACIÓN DE SILICIO CON DOS DOSIS EN PLANTAS IN VITRO EN EL CULTIVO DE BANANO (*Musa acuminata* AAA)**, realizado por el estudiante **TOALA VERA WASHINGTON GABRIEL** con cédula de identidad N° 0931700504 de la carrera de **INGENIERÍA AGRONÓMICA**, Unidad Académica Milagro, ha sido orientado y revisado durante su ejecución; y cumple con los requisitos técnicos exigidos por la Universidad Agraria del Ecuador; por lo tanto, se aprueba la presentación del mismo.

Atentamente,

Ing. Juan Javier Martillo, M.Sc.

TUTOR

Milagro, 1 de septiembre del 2022



**UNIVERSIDAD AGRARIA DEL ECUADOR
FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS
CARRERA DE INGENIERÍA AGRONÓMICA**

APROBACIÓN DEL TRIBUNAL DE SUSTENTACIÓN

Los abajo firmantes, docentes designados por el H. Consejo Directivo como miembros del Tribunal de Sustentación, aprobamos la defensa del trabajo de titulación: **EVALUACIÓN DE DOS FORMAS DE APLICACIÓN DE SILICIO CON DOS DOSIS EN PLANTAS IN VITRO EN EL CULTIVO DE BANANO (*Musa acuminata* AAA)**, realizado por el estudiante **TOALA VERA WASHINGTON GABRIEL** el mismo que cumple con los requisitos exigidos por la Universidad Agraria del Ecuador.

Atentamente,

Ing. xxxxxxxxxxxxxxxxxxxx, MSc.

PRESIDENTE

Ing. xxxxxxxxxxxxxxxxxxxx, MSc.

EXAMINADOR PRINCIPAL

Ing. xxxxxxxxxxxxxxxxxxxx, MSc.

EXAMINADOR PRINCIPAL

Ing. xxxxxxxxxxxxxxxxxxxx, MSc.

EXAMINADOR SUPLENTE

Milagro, 17 de agosto del 2022

Dedicatoria

El presente trabajo de titulación va dedicado a Dios, en especial a mi papá y a mi mamá porque gracias a su esfuerzo y su constante dedicación, puedo dar este paso tan importante en mi vida; y a quienes día a día me brindaron consejos para continuar por el camino correcto y seguir cumpliendo mis metas.

Así mismo, quiero dedicar este logro a mis amigos que me brindaron su apoyo en todo momento.

A todos y cada uno de los docentes, quienes impartieron sus conocimientos para mi formación académica.

Agradecimiento

Agradezco al Ing. Jacobo Bucaram Ortiz. PhD., y Ec. Martha Bucaram Leverone, PhD., autoridades de la Universidad Agraria del Ecuador, por permitirme terminar mis estudios en esta prestigiosa institución.

Agradezco al equipo de IINIAP Litoral Sur, por haberme prestado el apoyo para conseguir este logro.

Agradezco a la Dra. Elisa Quiala Mendoza, Ing. Fernando Méndez por su tutoría y apoyo en las investigaciones que me sirvieron para desarrollar este proyecto. A mi papá por ser mi pilar fundamental y a mi mamá por guiarme en el transcurso de mi carrera universitaria. A mis amigos en especial por brindarme su ayuda.

Expreso mi agradecimiento a mi tutor Ing. Juan Javier Martillo, encargado de orientarme en la ejecución de este proyecto de titulación.

Autorización de Autoría Intelectual

Yo, **TOALA VERA WASHINGTON GABRIEL**, en calidad de autor del proyecto realizado, sobre **EVALUACIÓN DE DOS FORMAS DE APLICACIÓN DE SILICIO CON DOS DOSIS EN PLANTAS IN VITRO EN EL CULTIVO DE BANANO (*Musa acuminata* AAA)**, por la presente autorizo a la **UNIVERSIDAD AGRARIA DEL ECUADOR**, hacer uso de todos los contenidos que me pertenecen o parte de los que contienen esta obra, con fines estrictamente académicos o de investigación.

Los derechos que como autor me correspondan, con excepción de la presente autorización, seguirán vigentes a mi favor, de conformidad con lo establecido en los artículos 5, 6, 8; 19 y demás pertinentes de la Ley de Propiedad Intelectual y su Reglamento.

Milagro, 27 de septiembre del 2022

TOALA VERA WASHINGTON GABRIEL

C.I. 0931700504

Índice general

PORTADA.....	1
APROBACIÓN DEL TUTOR	2
APROBACIÓN DEL TRIBUNAL DE SUSTENTACIÓN	3
Dedicatoria.....	4
Agradecimiento	5
Autorización de Autoría Intelectual	6
Índice general	7
Índice de tablas	11
Índice de figuras.....	12
Resumen	14
Abstract.....	15
1. Introducción.....	16
1.1 Antecedentes del problema.....	16
1.2. Planteamiento y formulación del problema	17
1.2.1 Planteamiento del problema	17
1.2.2 Formulación del problema	17
1.3 Justificación de la investigación	17
1.4 Delimitación de la investigación	18
1.5 Objetivo general	18
1.6 Objetivos específicos.....	18
1.7 Hipótesis	18
2. Marco teórico.....	19
2.1 Estado del arte.....	19
2.2 Bases teóricas	20

2.2.1. Origen del cultivo de banano	20
2.2.2. Importancia del cultivo de banano	20
2.2.3. Taxonomía del cultivo de banano	21
2.2.4. Morfología del cultivo de banano	21
2.2.4.1. <i>Sistema radicular</i>	21
2.2.4.2. <i>Cormo</i>	22
2.2.4.3. <i>Yemas</i>	22
2.2.4.4. <i>Pseudotallo</i>	22
2.2.4.5. <i>Hojas</i>	23
2.2.4.6. <i>Inflorescencia</i>	24
2.2.4.7. <i>Fruto</i>	24
2.2.5. Requerimientos edafoclimáticos	25
2.2.5.1. <i>Temperatura</i>	25
2.2.5.2. <i>Suelo</i>	26
2.2.5.3. <i>Altitud</i>	27
2.2.5.4. <i>Luminosidad</i>	27
2.2.5.5. <i>Humedad relativa</i>	28
2.2.5.6. <i>Vientos</i>	28
2.2.5.7. <i>Requerimientos hídricos</i>	28
2.2.6. Producción de plantas in vitro.....	28
2.2.7. Importancia del silicio	29
2.3 Marco legal.....	29
3. Materiales y métodos	31
3.1 Enfoque de la investigación	31
3.1.1 Tipo de investigación.....	31

3.1.2 Diseño de investigación	31
3.1.2.1. <i>Investigación experimental</i>	31
3.1.2.2. <i>Investigación descriptiva</i>	31
3.1.2.3. <i>Investigación explicativa</i>	31
3.2 Metodología	31
3.2.1 Variables	31
3.2.1.1. <i>Variable independiente</i>	31
3.2.1.2. <i>Variables dependientes</i>	31
3.2.2 Tratamientos	32
3.2.3 Diseño experimental	33
3.2.3.1. <i>Esquema del análisis de varianza</i>	33
3.2.4 Recolección de datos	33
3.2.4.1. <i>Recursos</i>	33
3.2.4.2. <i>Métodos y técnicas</i>	34
3.2.5 Análisis estadístico	36
3.2.5.1. <i>Análisis funcional</i>	36
3.2.5.2. <i>Hipótesis estadística</i>	36
4. Resultados	37
4.1 Determinación de la mejor dosis de silicio aplicada por la vía edáfica en plantas in vitro en el cultivo de banano	37
4.1.1 Número de brotes (n)	37
4.1.2 Longitud del brote principal (cm)	37
4.1.3 Número de hojas por planta (n)	38
4.2 Identificación de la mejor dosis de silicio aplicada por la vía foliar en plantas in vitro en el cultivo del banano	38

4.2.1 Número de brotes (n).....	39
4.2.2 Longitud del brote principal (cm)	39
4.2.3 Número de hojas por planta (n)	40
4.3 Conocimiento de la factibilidad económica del uso de estas prácticas de aplicación de nutrientes en el cultivo de banano.....	40
4.3.1 Análisis económico.....	40
5. Discusión	42
6. Conclusiones.....	44
7. Recomendaciones.....	45
8. Bibliografía.....	46
9. Anexos	54

Índice de tablas

Tabla 1. Descripción de los tratamientos experimentales	32
Tabla 2. Modelo de análisis de andeva	33
Tabla 3. Recursos económicos	34
Tabla 4. Número de brotes (n)	37
Tabla 5. Longitud del brote principal (cm)	38
Tabla 6. Número de hojas por planta (n)	38
Tabla 7. Número de brotes (foliar) (n)	39
Tabla 8. Longitud del brote principal (foliar) (cm)	40
Tabla 9. Número de hojas por planta (foliar) (n)	40
Tabla 10. Análisis económico	41

Índice de figuras

Figura 1. Número de brotes (n)	54
Figura 2. Longitud del brote principal (cm)	55
Figura 3. Número de hojas por planta (n).....	56
Figura 4. Número de brotes (foliar) (n)	57
Figura 5. Longitud del brote principal (foliar) (cm)	58
Figura 6. Número de hojas por planta (foliar) (n).....	59
Figura 7. Recolección del material vegetal.....	60
Figura 8. Desinfección de materiales	60
Figura 9. Supervision del experimento	60
Figura 10. Uso de la estufa	60
Figura 11. Corte de brotes.....	61
Figura 12. Etiquetado de muestras	61
Figura 13. Almacenamiento de muestras	61
Figura 14. Supervisión en laboratorio.....	61
Figura 15. Retiro de muestras	62
Figura 16. Crecimiento de muestras	62
Figura 17. Inspección de muestras	62
Figura 18. Traspaso a tubos de ensayo	62
Figura 19. Siembra de explantes.....	63
Figura 20. Uso de ambiente controlado	63
Figura 21. Crecimiento de plantas.....	63
Figura 22. Visita del tutor guía.....	63
Figura 23. Aplicación de silicio	64
Figura 24. Vista panorámica del ensayo	64

Figura 25. Revisión de hojas.....	64
Figura 26. Poda fitosanitaria	64
Figura 27. Toma de datos	65
Figura 28. Aclimatación de plantas	65
Figura 29. Uso de maquinaria agrícola	65
Figura 30. Preparación del terreno.....	65
Figura 31. Siembra en campo de plantas.....	66
Figura 32. Personal de siembra	66
Figura 33. Marco de plantación	66
Figura 34. Instalación de sistema de riego.....	66
Figura 35. Uso del sistema de riego.....	67
Figura 36. Realización de canales	67
Figura 37. Crecimiento del cultivo	67
Figura 38. Realización de poda sanitaria	67

Resumen

El propósito de la investigación presentada fue determinar el efecto que produce la aplicación de silicio para aumentar el crecimiento de plantas in vitro en el cultivo de banano en la parroquia Virgen de Fátima, provincia del Guayas. Se llevó a cabo un diseño de bloques completamente al azar mediante la prueba de Tukey al 5% de significancia. Se analizaron variables como número de brotes, longitud del brote principal y el número de hojas por planta, en las que se encontró significancia estadística obteniendo mejores promedios en T2 Silicio (Edáfico) 100 mg/l⁻¹. Se determinaron los tratamientos sobresalientes en base a la aplicación de forma foliar de silicio al tratamiento T3 Silicio (foliar) 75 mg/l⁻¹. Para el análisis económico se determinó los costos totales por cada tratamiento de la investigación in vitro del cultivo de banano, los costos totales fueron; T1 Silicio (Edáfico) 75 mg/l⁻¹ con 700,00 dólares, T2 Silicio (Edáfico) 100 mg/l⁻¹ con 710,00 dólares, T3 Silicio (foliar) 75 mg/l⁻¹ con 695,00 dólares, T4 Silicio (foliar) 100 mg/l⁻¹ con 705,00 dólares. Al final de esta investigación se concluyó que el uso de silicio, en dos formas de aplicación, si incrementó el crecimiento del cultivo de banano in vitro, por lo que se recomendó su uso para el mismo.

Palabras clave: Banano, edáfico, explantes, phytigel, silicio.

Abstract

The purpose of the research presented was to determine the effect produced by the application of silicon to increase the growth of in vitro plants in banana cultivation in the Virgen de Fátima parish, Guayas province. A completely randomized block design was carried out using Tukey's test at 5% significance. Variables such as number of shoots, length of the main shoot and number of leaves per plant were analyzed, in which statistical significance was found, obtaining better averages in T2 Silicon (Edaphic) 100 mg/l-1 . The outstanding treatments were determined based on the foliar application of silicon to the treatment T3 Silicon (foliar) 75 mg/l-1 . For the economic analysis, the total costs were determined for each treatment of the in vitro investigation of the banana crop, the total costs were; T1 Silicon (Edaphic) 75 mg/l-1 with \$700.00, T2 Silicon (Edaphic) 100 mg/l-1 with \$710.00, T3 Silicon (foliar) 75 mg/l-1 with \$695.00, T4 Silicon (foliar) 100 mg/l-1 with \$705.00. At the end of this investigation it was concluded that the use of silicon, in two forms of application, did increase the growth of the banana crop in vitro, so its use was recommended for it.

Keywords: Banana, edaphic, explants, phytigel, silicon.

1. Introducción

1.1 Antecedentes del problema

El banano corresponde al segundo cultivo frutal de mayor importancia productiva del mundo, con una producción bruta de 139 millones de toneladas en el año 2010. Los principales países productores de banano en el mundo son: India, China, Indonesia, Brasil, Ecuador, Filipinas y Guatemala en el año 2018. Costa Rica se ubica en la onceava posición (Rodríguez, 2020).

Además, la producción de bananos se ha incrementado a nivel mundial y demanda de muchos insumos. Por lo general, se cultivan fundamentalmente los cultivares del subgrupo Cavendish que se encuentran en casi todos los países productores de bananos pero que son altamente dependientes de insumos para mantener rendimientos estables y susceptibles a varios agentes patógenos. Por tanto, se requiere introducir cultivares productivos y tolerantes a enfermedades y plagas (Aldana *et al.*, 2020).

Ante esta situación, la aplicación de la biotecnología vegetal en el género *Musa*, ha abarcado temas tales como: micropropagación a partir de ápices vegetativos, obtención de material libre de virus, transformación genética, conservación in vitro, crioconservación, inducción de mutaciones in vitro, cultivo de ápices florales y más recientemente edición genética. Las ventajas han sido demostradas en la práctica con la obtención de plantas más vigorosas, más productivas y libres de enfermedades (Sánchez *et al.*, 2019).

En la agricultura moderna el silicio se ha demostrado beneficioso para una gama de especies. La influencia positiva del elemento en cultivos ha sido conocida desde 1840 trabajos sobre los beneficios de silicio desde el punto de vista de la nutrición mineral de las plantas. Desde entonces se han desarrollado ensayos en

laboratorios, invernaderos y en el campo que han mostrado beneficios en la productividad, desarrollo y tolerancia (Nascimento, 2021).

1.2 Planteamiento y formulación del problema

1.2.1 Planteamiento del problema

El banano es un cultivo de importancia a nivel mundial por ser considerado parte de la canasta familiar, sin embargo, la presencia de enfermedades pone en riesgo la producción, lo que ha tomado importancia el uso de nuevas tecnologías para la obtención de especies mejoradas, sanas y libres de patógenos que puedan incrementar la producción por la alta demanda que provocan, y, además, sea tolerante a enfermedades como la Sigatoka negra, *Fusarium* sp, entre otras.

Este problema ha generado la necesidad de realizar el presente ensayo con la finalidad de obtener plantas sanas *in vitro* bajo un adecuado cuidado y una nutrición a base de silicio, que por sus características incrementará su desarrollo y fortalecerá a la planta para el proceso de aclimatización.

1.2.2 Formulación del problema

¿Cuál será el efecto de dos formas de aplicación de silicio con dos dosis en plantas *in vitro* en el cultivo de banano (*Musa acuminata* AAA)?

1.3 Justificación de la investigación

Para garantizar mayor sanidad, homogeneidad, vigor, precocidad y altos rendimientos se requiere la obtención de material de siembra por la calidad genética y fitosanitaria, sin embargo, la vía tradicional no es la mejor opción para establecer nuevas plantaciones, dada la influencia negativa de plagas y patógenos que se transmiten por medio de este, lo que reduce su calidad, y repercute en el posterior desempeño del cultivo (Jiménez, 2017).

Por lo tanto, el presente ensayo tiene como objetivo lograr una estrategia para obtener plantas *in vitro* bajo la aplicación de silicio de manera edáfica y foliar con la finalidad que sean productivas y se adapten con facilidad al momento de la transición de laboratorio a campo.

1.4 Delimitación de la investigación

- **Espacio:** El estudio se desarrolló en la parroquia Virgen de Fátima provincia del Guayas con las siguientes coordenadas geográficas:
x:- 2.2530731597675064 y: -79.64407612094999.
- **Tiempo:** La investigación presente tuvo una duración estimada de 6 meses entre diciembre del 2021 a mayo del 2022.
- **Población:** Los resultados son de utilidad para los productores de banano de la zona de estudio, estudiantes de agronomía, técnicos y público en general.

1.5 Objetivo general

Evaluar las dos formas de aplicación de silicio con dos dosis para aumentar el crecimiento de plantas *in vitro* en el cultivo del banano.

1.6 Objetivos específicos

- Determinar la mejor dosis de silicio aplicada por la vía edáfica en plantas *in vitro* en el cultivo del banano
- Indicar la mejor dosis de silicio aplicada por la vía foliares en plantas *in vitro* en el cultivo del banano
- Conocer la factibilidad económica del uso de estas prácticas de aplicación nutrientes en el cultivo de banano.

1.7 Hipótesis

Al menos unas dosis establecidas de silicio tendrán efectos positivos sobre las plantas de banano *in vitro*.

2. Marco teórico

2.1 Estado del arte

Se terminó el efecto del silicato de potasio en la propagación *in vitro*. Las plántulas obtenidas de brotes de ápice regenerados *in vitro* se cultivaron en viales de vidrio que contenían 30 ml del medio de cultivo MS solidificado con 6 g de agar I-1. Se agregaron cinco concentraciones de silicato de potasio (0.0, 0.5, 1.0, 1.5 y 2.0 g l⁻¹) al medio de cultivo. El pH se ajustó a 5.8 ± 0.2 antes de la esterilización en autoclave. El experimento se mantuvo en una sala de crecimiento con irradiancia de $42 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$, a $25 \pm 2 \text{ }^\circ\text{C}$ y 16 horas de fotoperíodo. Los resultados mostraron que la mayoría de las variables analizadas, se observó una disminución en función del aumento en la concentración de silicio. Por lo tanto, para la micropropagación, las concentraciones de silicio analizadas no mostraron un efecto beneficioso (Arruda *et al.*, 2019).

Se evaluó el efecto silicio en plántulas *in vitro*, se preparó como base el medio de multiplicación MS que se describió, sin gelificante, y suplementado con las diferentes dosis de Si (50 y 100 mg L⁻¹ Si) y un testigo (0 mg L⁻¹ Si). Los medios fueron dispensados en tubos de cultivo de 150 x 25 mm. Los resultados mostraron a los 23 días de cultivo, los explantes cultivados con 50 mg L⁻¹ de Si en el medio de cultivo presentaron significativamente mayor peso fresco y seco con respecto al testigo y con la medida inicial. Por el contrario, los explantes cultivados en ausencia de silicio adicional mostraron una reducción significativa en el contenido de agua a partir del día 7, la cual se hizo más pronunciada en la evaluación del día 23. Las variables longitud de explante y porcentaje de brotes cloróticos por explante, no presentaron diferencias significativas con respecto al testigo. Además, no se

detectaron diferencias significativas entre los distintos tratamientos con Si con respecto al testigo, ni a lo largo del tiempo (Hernández, 2015).

Los plátanos y bananos representan gran parte de la alimentación diaria para más de 400 millones de personas en más de 100 países del trópico y subtropical. La utilización del plátano y banano como alimento ha venido incrementando su valor económico, lo que implica la necesidad de mejorar sus rendimientos, calidad y fomentar su rápida multiplicación mediante el desarrollo y transformación de tecnologías (Giménez, 2013).

2.2 Bases teóricas

2.2.1 Origen del cultivo de banano

El origen del género *Musa* es en Asia menor en la región Malaya. Los comerciantes del mediterráneo desde el año 650 d.C se encargaron de propagarlos en zonas cálidas. Se reconocen dos especies silvestres de *Musa*: *Musa acuminata* y *Musa balbisiana*, cuya hibridación generaron todos los cultivares que conocemos el día de hoy y que forman parte de nuestra dieta alimenticia (Sánchez, 2020).

El banano tiene su origen en las regiones de Asia Meridional, sin embargo, investigadores divagan la idea entre ellos está el doctor Herbe Spiden quien defiende la teoría de que el banano es originario de las regiones húmedas del sur de Asia, incluyendo el noreste de la India, Burma, Cambodia y parte de la china del sur (Carriel, 2020).

2.2.2 Importancia del cultivo de banano

Es un componente importante de la dieta humana en casi todos los países del mundo, ya sea como alimento cocido o como fruta fresca. Es una excelente fuente de alimento, y en algunas regiones del mundo, como África, constituyen el

componente principal de la dieta humana. El banano es fuente de fibra, posee bajo contenido de sodio, y rico en vitamina B6 y potasio (Verdesoto, 2018).

Las musáceas de frutos comestibles, se han convertido en el cuarto rubro alimenticio energético de importancia en el mundo y primero entre las frutas, al presentar una producción aproximadamente a 54 millones de toneladas entre el 2016 y 2018. En los bananos, el 75% de la producción corresponde a diez países, entre los cuales India, Ecuador, Brasil y China contribuyen con el 50% del total. Sin embargo, la exportación está concentrada en pocos países donde América Latina y el Caribe suplen el 80% del total (Torres *et al.*, 2020).

2.2.3 Taxonomía del cultivo de banano

Según Benítez (2017) indica que la taxonomía del banano es la siguiente:

Reino: Plantae

División: Magnoliophyta

Clase: Liliopsida

Orden: Zingiberales

Familia: Musáceas

Género: Musa

Especie: Acuminata.

2.2.4 Morfología del Banano

2.2.4.1. Sistema radicular

Posee raíces superficiales que se distribuyen en una capa de 30 a 40 cm, concentrándose la mayor parte de ellas en los 20 cm. Las raíces son de color blanco, tiernas cuando emergen y amarillentas y duras posteriormente. Su diámetro oscila entre 5 y 8 mm y su longitud puede alcanzar los 3 m en crecimiento lateral y hasta 1.5 m en profundidad (Carrión, 2018).

El banano posee un sistema radicular abundante de raíces primarias, secundarias y terciarias. Existen dos clases de raíces primarias: las horizontales que son las que alimentan a la planta y las verticales denominándose pioneras en el anclaje de la planta. Un gran porcentaje de raíces se desarrollan cerca de la planta a una profundidad de 20 a 40 cm, poseen un diámetro entre 5 a 10 mm, pueden llegar a tener una longitud de dos a tres metros sin tener la presencia de obstáculos durante su crecimiento, la coloración se manifiesta de acuerdo a la edad y etapa de desarrollo (Delgado, 2019).

2.2.4.2. Cormo

Las *Musáceas* presentan un tallo verdadero o cormo en el que se genera el pseudotallo que llega a medir entre cinco a ocho metros de altura, considerando el sistema foliar (González, 2017).

Denominado comúnmente cepa, es un tallo subterráneo con numerosos puntos de crecimiento (meristemas), estas dan origen al pseudotallo, raíces y yemas vegetativas (Roldan, 2020).

2.2.4.3. Yemas

Las yemas dan origen a los colinos, su posición guarda un patrón filotáxico que varía con la edad. Al principio, el crecimiento y desarrollo de las yemas es perpendicular al tallo, luego se torna paralelo a éste, su emergencia está condicionada por la densidad poblacional y la edad del tallo principal (Bustos, 2016).

2.2.4.4. Pseudotallo

Esta planta posee un cormo subterráneo erecto con ramificaciones monopódicas. En su ápice se encuentra anidado el punto vegetativo o meristemo apical, la contiene toda la información genética de la planta, su forma está

influenciada por la textura /estructura del suelo. Se encuentra conformado por las vainas foliares alternadas las cuales le dan su forma de tallo, su principal función es soportar a toda la parte aérea de la planta (Reyes, 2018).

2.2.4.5. Hojas

Este sistema se forma en el meristemo ubicado en la parte superior del cormo, se forma el pecíolo y la nervadura central, la hoja emerge en forma enrollado de cigarro cuyo haz de hoja recibe el nombre de adaxial y el envés abaxial el principal órgano fotosintético de la planta (Tene, 2021).

Dan origen en el meristemo apical o terminal que se encuentra en la parte más alta de la planta, las hojas se forman en el interior del pseudotallo y emerge enrollada en forma de cigarro, son de gran tamaño largo de 2,4 m y hasta 1,5 m de ancho, su coloración verde muy particular (Quinto, 2019).

Las primeras hojas producidas por un hijo en crecimiento se llaman hojuelas. Las hojas en estado maduro, se denominan hojas verdaderas, constan de vaina, pecíolo, nervadura central y limbo (Astudillo, 2016).

Las hojas son muy grandes, de 2.4 m de largo, 1.5 m de ancho y un 1 m o más de longitud. Cuando son viejas se rompen fácilmente de forma transversal por el azote del viento. Durante el desarrollo de la planta o mata de banano se observan varios tipos de hojas: hojas rudimentarias, hojas estrechas ensiformes y hojas anchas o verdaderas (Angulo, 2009).

En las láminas las nervaduras van en paralelo en una forma de S larga, desde la nervadura central hasta el margen. Como no se ramifican, las hojas se rasgan con facilidad (Borja, 2018).

2.2.4.6. Inflorescencia

Se reconoce como una estructura compleja la cual contiene las flores que luego se transformarán en frutos. La inflorescencia se encuentra en el tallo de las cuales las flores femeninas llamadas pistoladas aparecen primero. El ovario se desarrolla en fruto sin semilla sin polinización y a medida que aparece la bráctea se van mostrando las flores femeninas que luego se van a convertir en frutos (Romero, 2017).

La inflorescencia, que tiene forma de racimo, es larga y pedunculada; al principio se sostiene erecta u oblicuamente, pero se dobla hacia abajo a medida que crece. Está cubierta con brácteas de colores rojo oscuro, grandes, dispuestas en forma de espiral, la yema forma una terminal grande, en forma de cono, en el tallo de la flor (Urban, 2014).

“Las flores masculinas producen polen pero pueden ser estériles, estas aparecen a medida que las flores femeninas se desarrollan en frutos” (Guillén, 2020, p.23).

Las flores hermafroditas no siempre aparecen, pero pueden presentarse en el raquis entre las femeninas y las masculinas, estas no producen polen ni se desarrollan como frutos (Galarza, 2019, p.12).

2.2.4.7. Fruto

En banano los frutos denominados dedos se encuentran agrupados en estructuras llamadas manos, las cuales se distribuyen en forma helicoidal dentro de la estructura de racimo. El número de dedos por mano y de manos por racimo está determinado genéticamente y varía de cultivar a cultivar (Torres, 2016).

El racimo está formado por dedos (bananos) que se encuentran agrupados, y aparece en el raquis. Los frutos individuales (también llamados dedos) se agrupan en manos (Tenorio, 2016, p.32).

La formación del fruto sin semilla inicia en los ovarios presentes en las flores pistiladas debido a la aglomeración en los nódulos para desarrollar manos de frutos en el racimo las paredes del ovario se convierten en una masa parenquimatosa compuesta por azúcares y almidón. El fruto se cosecha con madurez fisiológica en estado de color verde, con un grado de calibre de 38 a 46, de acuerdo a las condiciones climáticas y semanas de enfunde del racimo (Pasiche, 2018).

Durante el desarrollo del fruto éstos se doblan geotrópicamente, según el peso de este. El racimo puede tener de 5 a 20 manos y cada mano puede contener de 2 a 20 dedos. Estos pueden tener diversas formas y generalmente son de color verde amarillo o rojo. Los plátanos comestibles son de partenocarpia vegetativa, o sea, desarrollan una masa de pulpa comestible sin ser necesaria la polinización (Vézina, 2020).

2.2.5 Requerimientos edafoclimáticos

2.2.5.1. Temperatura

Una de las condiciones que se refleja mucho en la producción del cultivo de Banano es la temperatura, para ello se determinan rangos que favorecen a su correcto desarrollo la media optima oscila los 25°C, pudiendo favorecer entre 25 a 30°C (Ospina, 2019).

Las limitantes que se presentan están relacionadas a la actividad vegetativa de la planta es decir cuando se presentan temperaturas bajas el ciclo vegetativo se prolonga, en temperaturas bajas de 16°C no pueden salir las hojas en temperaturas más bajas las vainas foliares salen muy juntas a esto se le da el nombre de arrepollamiento y esto impide que haya la presencia de inflorescencia o la dificultad; si las temperaturas llegan a 12° centígrados no se da la fructificación (Loor, 2019).

El clima ideal es el tropical húmedo. La temperatura adecuada va desde los 18,5°C a 35,5°C. A temperaturas inferiores de 15,5°C se retarda el crecimiento. Con temperaturas de 40°C no se han observado efectos negativos siempre y cuando la provisión de agua sea normal (Cedeño, 2017).

2.2.5.2. Suelo

Los suelos idóneos para el desarrollo del cultivo de banano son aquellos que presentan una textura: franco arenoso, franco arcilloso, franco arcilloso limoso y franco limoso; a su vez deben de contar con un buen drenaje y un nivel óptimo de fertilidad, su profundidad debe ser de 1,2 a 1,5 m. El pH ideal es de 6,5, pero puede llegar a tolerar pH de entre 5,5 a 7,5 (Naranjo, 2019).

Para el desarrollo del cultivo de banano los suelos óptimos son aquellos de textura franco arenosa, franco arcilloso, franco arcillo limosa y franco limoso, los cuales deben ser fértiles, permeables, profundos entre 1,2 – 1,5 m, bien drenados con alto contenido de nitrógeno. Los suelos con elementos como potasio favorecen considerablemente el cultivo estos pueden ser calizos, arcillo – silíceos, o los obtenidos por roturación de bosques, susceptibles de riego en verano, pero que no retengan agua en invierno (Molina, 2016).

Los suelos de pH 4.5 a pH 8 son óptimos para el cultivo de banano, sin embargo, se ha demostrado mejores resultados en condiciones ligeramente ácidas o muy ligeramente alcalinas: pH 6 a 7.5 (Torres, 2012).

Los suelos aptos para el desarrollo del cultivo de banano son aquellos que presentan un buen drenaje interno, alta fertilidad y buenas propiedades de retención de agua. No son recomendables para el cultivo los suelos con más de 40% de arcillas. El pH ideal es de 6,5, pero tolera pH de 5,5 hasta 7,5 (Correa, 2015).

2.2.5.3. Altitud

La latitud concentra a las mejores producciones a 15° al norte y sur del ecuador terrestre, pero es posible encontrar buenos rendimientos hasta los 30°. La altitud máxima recomendada para este cultivo es de 2000 metros sobre el nivel del mar; la mayoría de las plantaciones comerciales se localizan entre 400 y 600 msnm. Es importante señalar que la altitud puede retrasar un mes el ciclo vegetativo por cada 100 metros adicionales de altitud por encima del nivel del mar (Intagri, 2018).

Para el buen desarrollo de este cultivo se deben comprender zonas entre los 0 y 30 msnm. No obstante, el banano se adapta a alturas que alcanzan hasta los 2,200 msnm. Se debe tener en cuenta que esta condición está determinada al periodo vegetativo del banano de acuerdo con la variedad (Herrera, 2017).

2.2.5.4. Luminosidad

El banano se cultiva en condiciones de variada iluminación. Aunque, una cierta reducción de la iluminación, no interrumpe la salida de las hojas de la bananera; sin embargo, alarga considerablemente su ciclo vegetativo, por lo que esta planta prefiere zonas de sol y despejadas de nubes (Tigasi, 2017).

Para tener buenos rendimientos el banano necesita una luminosidad que fluctúa entre 30 a 80 %, como una planta perteneciente al grupo C3 no necesita de mayor luminosidad, sin embargo, en casos de monocultivos se recomienda asociar con otros cultivos que brinden sombra, lo que puede presentar un efecto positivo en el número de hojas funcionales sanas (Tenesaca, 2019).

Se debe contar con buena cantidad de luz día, para que las plantas se desarrollen adecuadamente (Hojas, racimos, yemas, brotes), en caso que exista baja disponibilidad de luz retrasa la producción y afecta la calidad del fruto (Cubillos, 2018).

2.2.5.5. Humedad relativa

La humedad relativa del ambiente debe ser la adecuada 75-80% dado que las condiciones de alta humedad podrían favorecer la presencia de enfermedades causadas por hongos (Suárez, 2017).

2.2.5.6. Vientos

Se debe considerar al viento como un factor primordial al establecer una plantación de banano, debido a que, por su naturaleza al ser una planta herbácea, sus hojas laminares y su sistema radical superficial, la vuelven susceptibles a volcamientos. Por ello no se recomienda aquellas zonas que estén expuestas a velocidades de viento mayores a 20 km/hora (Vásquez, 2020).

2.2.5.7. Requerimientos hídricos

Requiere grandes cantidades de agua ya es muy sensible a la sequía, pues ésta dificulta la salida de las inflorescencias dando como resultado, racimos torcidos y entrenudos muy cortos en el raquis que deforman los frutos por límite de espacio. La sequía, también produce obstrucción foliar, provocando problemas en el desarrollo de las hojas (Arévalo, 2018).

2.2.6 Producción de plantas in vitro

La micropropagación o como también se conoce a la técnica de multiplicación *in vitro*, puede ser realizada a partir de órganos, tejidos y células de la planta donadora del explante, mediante los métodos de regeneración de plantas conocidos por organogénesis y embriogénesis somática (Galan *et al.*, 2018).

Además, consiste en tomar una porción de una planta, a la que se denominará explante, como el ápice, una hoja o segmento de ella, segmento de tallo, meristema, embrión, nudo, semilla, antera, etc. y colocarla en un medio nutritivo estéril (Rumaldo, 2016).

La técnica *in vitro*, consta de cinco fases (obtención del material vegetal, establecimiento *in vitro*, multiplicación *in vitro*, enraizamiento y aclimatización) donde cada una de ellas es importante para asegurar plantas vigorosas en el campo definitivo (Montiel *et al.*, 2016).

Sin embargo, la aclimatación considerada como el estado transitorio entre el laboratorio y el campo definitivo de siembra, cuyo objetivo es llevar las plántulas desde un cultivo *in vitro* a condiciones naturales del ambiente. Es considerada como la fase crítica de la propagación *in vitro*, en lo cual se presentan situaciones complejas, donde ocurren las exageradas pérdidas de plantas, debido a que las plantas no pueden soportar el cambio brusco (Malqui, 2021).

2.2.7 Importancia del silicio

El silicio 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. La aplicación de este elemento como fertilizante, ha beneficiado el crecimiento y desarrollo de diversos cultivos de importancia económica (Carballo, 2019).

El silicio es absorbido cuando tiende a acumularse en las hojas, formando una barrera protectora y regulación de la pérdida de agua de la planta por transpiración, ayudando al proceso aclimatación de plantas micropropagadas. Además, es un elemento beneficioso que puede significar un éxito total para la iniciativa, es decir, supervivencia de las plántulas en el período de transición de las condiciones *in vitro* a las ambientales (De Souza *et al.*, 2020).

2.3 Marco legal

Constitución Política de la República del Ecuador
Ley de Desarrollo Agrario
Capítulo I: Los Objetivos de la Ley
Artículo 3. Políticas agrarias.

El fomento, desarrollo y protección del sector agrario se efectuará mediante el establecimiento de las siguientes políticas:

- a) De cultivo, cosecha, comercialización, procesamiento y en general, de aprovechamiento de recursos agrícolas;
- b) El fomento, desarrollo y protección del sector agrario se efectuará mediante el establecimiento de las siguientes políticas:
- c) De capacitación integral al indígena, al montubio, al afroecuatoriano y al campesino en general, para que mejore sus conocimientos relativos a la aplicación de los mecanismos de preparación del suelo,

CAPÍTULO V

Protección y recuperación de la fertilidad de la tierra rural I de producción

Artículo 49.- Protección y recuperación. El Estado desarrollará la planificación para el aprovechamiento de la capacidad de uso y su potencial productivo agrario, con la participación de la población local y ofreciendo su apoyo a las comunidades de la agricultura familiar campesina, a las organizaciones de la economía popular y solidaria y a las y los pequeños y medianos productores, con la implementación y el control de buenas prácticas agrícolas (Asamblea Nacional De La República Del Ecuador, 2016 p.45).

Ley Orgánica del Régimen de la Soberanía Alimentaria.

Investigación, Asistencia Técnica y Diálogo de saberes

Artículo 9. Investigación y extensión para la soberanía alimentaria. - El Estado asegurará y desarrollará la investigación científica y tecnológica en materia agroalimentaria, que tendrá por objeto mejorar la calidad nutricional de los alimentos, la productividad, la sanidad alimentaria, así como proteger y enriquecer la agrobiodiversidad.

Artículo 10. Institucionalidad de la investigación y la extensión.- La ley que regule el desarrollo agropecuario creará la institucionalidad necesaria encargada de la investigación científica, tecnológica y de extensión, sobre los sistemas alimentarios, para orientar las decisiones y las políticas públicas y alcanzar los objetivos señalados en el artículo anterior; y establecerá la asignación presupuestaria progresiva anual para su financiamiento (Ley Orgánica del Régimen de la Soberanía Alimentaria, 2014 p.23).

Código orgánico de la producción

Art.57 “Democratización productiva en concordancia con lo establecido con la constitución se entenderá por democratización productiva política, mecanismo e instrumento para que genere desconcentración de factores y recursos productivos, y faciliten el acceso al financiamiento capital y tecnológico para la realización de actividades productivas “Párrafo II “El estado protegerá a la agricultura familia comunitaria como garante de la soberanía alimentaria,..., y al macro, pequeño y mediana empresa implementando política que regulan sus intercambios con el sector privado.

Art. 14.- Según la Constitución de la República sección II. Se reconoce el derecho de la población a vivir en un ambiente sano y ecológico equilibrado, que garantice la sostenibilidad y el buen vivir.

Se declara de interés público la preservación del ambiente, la conservación de lo ecosistema, la biodiversidad y la integridad del patrimonio genético del país (Código Orgánico De La Producción, Comercio E Inverciones., 2010 p. 78).

3. Materiales y métodos

3.1 Enfoque de la investigación

El trabajo estuvo enfocado en determinar el efecto que produce la aplicación de silicio para aumentar el crecimiento de plantas *in vitro* en el cultivo de banano en la parroquia Virgen de Fátima, provincia del Guayas.

3.1.1 Tipo de investigación

Es una investigación experimental y se evaluaron dos formas de aplicación de silicio con dos dosis para aumentar el crecimiento de plantas *in vitro* en el cultivo del banano.

3.1.2 Diseño de investigación

3.1.2.1. Investigación experimental

Permitió manipular las variables y medir su efecto y comparación sobre las variedades.

3.1.2.2. Investigación descriptiva

Permitió recolectar los datos sobre la base de la hipótesis para luego resumir la información y analizar detalladamente los resultados finales del estudio.

3.1.2.3. Investigación explicativa

Permitió conocer el porqué de los resultados y plantear nuevas técnicas de investigación.

3.2 Metodología

3.2.1 Variables

3.2.1.1. Variable independiente

Manejo de fertilización *in vitro*.

3.2.1.2. Variables dependientes

3.2.1.2.1. Número de brotes

Se registró el número de brotes resultantes de cada unidad experimental, se realizó el respectivo conteo de manera visual.

3.2.1.2.2. Longitud del brote principal

Se detectó el brote principal de cada unidad experimental y se registró la medida de longitud para promediarlo por tratamiento y ser comparado.

3.2.1.2.3. Número de hojas por planta

Se realizó el conteo de hojas por plántulas y fue registrado por tratamiento para ser promediado.

3.2.1.2.4. Análisis económico

Esta variable se tomó al final del ensayo experimental en base al costo parcial realizado bajo laboratorio, para realizar la relación beneficio/costo.

3.2.2 Tratamientos

El estudio fue realizado bajo condiciones de laboratorio, bajo dos formas de fertilización: foliar y edáfica con dos dosis de silicio, aplicados a plántulas *in vitro* de banano, además. Los tratamientos se muestran a continuación:

Tabla 1. Descripción de los tratamientos experimentales

Nº	Tratamientos	Dosis
1	Silicio (Edáfico)	75 mg/l ⁻¹
2	Silicio (Edáfico)	100 mg/l ⁻¹
3	Silicio (Foliar)	75 mg/l ⁻¹
4	Silicio (Foliar)	100 mg/l ⁻¹

3.2.3 Diseño experimental

Para esta investigación se utilizó un diseño completamente al azar (DBCA) a nivel de laboratorio, comprendido por cuatro tratamientos bajo 10 repeticiones, lo cual generará 40 unidades experimentales o plántulas de banano *in vitro*.

3.2.3.1. Esquema del análisis de varianza

Tabla 2. Modelo de análisis de andeva

Fuentes de variación	Fórmula	Desarrollo	Grados de libertad
Tratamientos	(t-1)	(4-1)	3
Repeticiones	(r-1)	(10-1)	9
Error experimental	(t-1) (r-1)	(4-1) (10-1)	27
Total	Tr-1	4*10-1	39

Toala, 2022

3.2.4 Recolección de datos

3.2.4.1. Recursos

3.2.4.1.1. Materiales y herramientas

Alcohol, phytigel, jabón neutro, guantes, cloro, balanza analítica, estufa, cámara de flujo, tubos de ensayo, cajas petri, mechero, pinzas, navajas, medidor de pH, esferos, cámara fotográfica, agua destilada, entre otros.

3.2.4.1.2. Material experimental

Muestras de tejidos de planta madre, medio de cultivo, silicio.

3.2.4.1.3. Recursos humanos

Tesista, tutor.

3.2.4.1.4. Recursos bibliográficos

Biblioteca de la Universidad Agraria del Ecuador, tesis de grado de varias universidades, revistas científicas, página web, sitio web, ficha de institutos de investigación.

3.2.4.1.5. Recursos económicos

El proyecto fue netamente financiado por el tesista.

Los recursos económicos que se requirieron para el desarrollo del estudio son los siguientes:

Tabla 3. Recursos económicos

Actividades y productos	Cantidad	Valor total (\$)
Alcohol	2L	10
Phytigel	100g	42
Jabón neutro	2L	20
Guantes	1 caja	10
Cloro	1l	20
Balanza analítica	1	50
Estufa	1	15
Tubos de ensayo	50	30
Mechero	1	27
Silicio	25kg	20
Pinzas	2	30
Alimentación		90
Transporte		100
Caja petri	50	100
Total		564

Toala, 2022

3.2.4.2. Métodos y técnicas

3.2.4.2.1. Métodos

Método inductivo: Este método permite observar los resultados obtenidos de la investigación con la finalidad de cumplir los objetivos e hipótesis que están planteadas.

Método deductivo: Permite observar casos particulares de la investigación a través de principios, teorías y leyes.

Método sintético: Permite establecer y relacionar los resultados para construir la discusión, conclusiones relacionadas bajo la perspectiva de totalidad de la investigación.

3.2.4.2.2. Técnicas

Manejo del ensayo

Selección y preparación de material vegetal: Se tomó muestras de plantas madres vigorosas y sin presencia de síntomas o agentes contaminantes se seleccionaron hijuelos apropiados, que fueron reducidos a un tamaño de 5x5 cm sin dañar el meristemo, donde se conservaron en condiciones frescas para la desinfección.

Desinfección de materiales: Se utilizó el jabón neutro, alcohol, hipoclorito de sodio al 3% para la desinfección, para dejar al rizoma de un tamaño de 3x3 cm. Se enjuagó con agua destilada para eliminar residuos.

Establecimiento: Se mantuvo los explantes en cajas petri, luego se realizó la siembra en medios de cultivos utilizando phytagel, lo cual fue en tubos de ensayo. Al culminar la siembra in vitro, se colocaron los tubos de ensayo en un lugar oscuro por 10 días.

Fertilización: Se realizó a los 28 días observando el desarrollo se realizó la respectiva fertilización a base de silicio de forma edáfico y foliar, es decir aplicado en el medio del cultivo con las dosis establecidas en la tabla 1.

Recolección de datos: Se realizó observando el desarrollo de las plántulas de banano se realizó la toma de datos, que fueron registrados por tratamientos.

3.2.5 Análisis estadístico

3.2.5.1. Análisis funcional

La evaluación estadística de los datos se realizó mediante el análisis de varianza, cuyo esquema se detalla en la tabla 2. Los datos fueron promediados estadísticamente mediante la prueba de Tukey al 5% de probabilidad, para determinar el mejor tratamiento.

3.2.5.2. Hipótesis estadística

H1: Al menos una de las dosis de silicio aplicadas al cultivo de banano tuvo efecto en el aumento del crecimiento de plantas in vitro.

Ho: Ninguna de las dosis de silicio aplicadas al cultivo de banano tuvo efecto en el aumento del crecimiento de plantas in vitro

4. Resultados

4.1 Determinación de la mejor dosis de silicio aplicada por la vía edáfica en plantas in vitro en el cultivo del banano.

4.1.1 Número de brotes

La tabla 4 muestra las medias obtenidas al analizar el número de brotes con la aplicación de forma edáfica; de acuerdo con el análisis de la varianza, y con un coeficiente de variación de 13,54%; se determinó un p-valor entre tratamientos de: $<0,0001 < 0.05$ de probabilidad; por lo que se rechaza la hipótesis nula, por lo que si se encontró significancia estadística entre tratamientos; el destacado fue el T2 Silicio (Edáfico) 100 mg/l⁻¹ con un valor promedio de 4,59 número de brotes. El de menor promedio fue el T1 Silicio (Edáfico) 75 mg/l⁻¹ con un valor promedio de 2,36 número de brotes.

Tabla 4. Número de brotes

Tratamientos	Medias	Significancia
T1 Silicio (Edáfico) 75 mg/l ⁻¹	2,36	a
T2 Silicio (Edáfico) 100 mg/l ⁻¹	4,59	b
E.E.	0,15	
C.V (%)	13,54	
Significancia	**	

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.05$)
Toala, 2022

4.1.2 Longitud del brote principal

La tabla 5 muestra las medias obtenidas al analizar la longitud del brote principal en la aplicación de forma edáfica; de acuerdo con el análisis de la varianza, y con un coeficiente de variación de 8,90%; se determinó un p-valor entre tratamientos de: $<0,0001 < 0.05$ de probabilidad; por lo que se rechaza la hipótesis nula, por lo que si se encontró significancia estadística entre tratamientos; el destacado fue el T2 Silicio (Edáfico) 100 mg/l⁻¹ con un valor promedio de 5,75 en la longitud del brote

principal. El de menor promedio fue el T1 Silicio (Edáfico) 75 mg/l⁻¹ con un valor promedio de 3,48 en la longitud del brote principal.

Tabla 5. Longitud del brote principal (cm)

Tratamientos	Medias	Significancia
T1 Silicio (Edáfico) 75 mg/l ⁻¹	3,48	a
T2 Silicio (Edáfico) 100 mg/l ⁻¹	5,75	b
E.E.	0,13	
C.V. (%)	8,90	
Significancia	**	

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.05$)
Toala, 2022

4.1.3 Número de hojas por planta (n)

La tabla 6 muestra las medias obtenidas al analizar el número de hojas por planta con la aplicación de forma edáfica; de acuerdo con el análisis de la varianza, y con un coeficiente de variación de 9,69%; se determinó un p-valor entre tratamientos de: $<0,0001 < 0.05$ de probabilidad; por lo que se rechaza la hipótesis nula, por lo que si se encontró significancia estadística entre tratamientos; el destacado fue el T2 Silicio (Edáfico) 100 mg/l⁻¹ con un valor promedio de 9,11 en el número de hojas por planta. El de menor promedio fue el T1 Silicio (Edáfico) 75 mg/l⁻¹ con un valor promedio de 6,85 en el número de hojas por planta.

Tabla 6. Número de hojas por plantas (n)

Tratamientos	Medias	Significancia
T1 Silicio (Edáfico) 75 mg/l ⁻¹	6,85	a
T2 Silicio (Edáfico) 100 mg/l ⁻¹	9,11	b
E.E.	0,14	
C.V. (%)	9,69	
Significancia	**	

Toala, 2022

4.2 Identificación de la mejor dosis de silicio aplicada por la vía foliar en plantas in vitro en el cultivo del banano.

4.2.1 Número de brotes

La tabla 7 muestra las medias obtenidas al analizar el número de brotes con la aplicación de forma foliar; de acuerdo con el análisis de la varianza, y con un coeficiente de variación de 11,14%; se determinó un p-valor entre tratamientos de: $<0,0001 < 0.05$ de probabilidad; por lo que se rechaza la hipótesis nula, por lo que si se encontró significancia estadística entre tratamientos; el destacado fue el T3 Silicio (foliar) 75 mg/l⁻¹ con un valor promedio de 4,26 número de brotes. El de menor promedio fue el T4 Silicio (foliar) 100 mg/l⁻¹ con un valor promedio de 3,15 número de brotes.

Tabla 7. Número de brotes

Tratamientos	Medias	Significancia
T4 Silicio (foliar) 100 mg/l ⁻¹	3,15	a
T3 Silicio (foliar) 75 mg/l ⁻¹	4,26	b
E.E.	0,04	
C.V (%)	11,14	
Significancia	**	

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.05$)

Toala, 2022

4.2.2 Longitud del brote principal

La tabla 8 muestra las medias obtenidas al analizar la longitud del brote principal con la aplicación de forma foliar; de acuerdo con el análisis de la varianza, y con un coeficiente de variación de 14,23%; se determinó un p-valor entre tratamientos de: $<0,0001 < 0.05$ de probabilidad; por lo que se rechaza la hipótesis nula, por lo que si se encontró significancia estadística entre tratamientos; el destacado fue el T3 Silicio (foliar) 75 mg/l⁻¹ con un valor promedio de 5,36 en la longitud del brote principal. El de menor promedio fue el T4 Silicio (foliar) 100 mg/l⁻¹ con un valor promedio de 4,05 en la longitud del brote principal.

Tabla 8. Longitud del brote principal

Tratamientos	Medias	Significancia
T4 Silicio (foliar) 100 mg/l ⁻¹	4,05	a
T3 Silicio (foliar) 75 mg/l ⁻¹	5,36	b
E.E.	0,06	
C.V (%)	14,23	
Significancia	**	

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.05$)

Toala, 2022

4.2.3 Número de hojas por planta

La tabla 9 muestra las medias obtenidas al analizar el número de hojas por planta con la aplicación de forma foliar; de acuerdo con el análisis de la varianza, y con un coeficiente de variación de 13,79%; se determinó un p-valor entre tratamientos de: $<0,0001 < 0.05$ de probabilidad; por lo que se rechaza la hipótesis nula, por lo que si se encontró significancia estadística entre tratamientos; el destacado fue el T3 Silicio (foliar) 75 mg/l⁻¹ con un valor promedio de 9,29 en el número de hojas por planta. El de menor promedio fue el T4 Silicio (foliar) 100 mg/l⁻¹ con un valor promedio de 8,29 en el número de hojas por planta.

Tabla 9. Número de hojas por plantas

Tratamientos	Medias	Significancia
T4 Silicio (foliar) 100 mg/l ⁻¹	8,29	a
T3 Silicio (foliar) 75 mg/l ⁻¹	9,29	b
E.E.	0,09	
C.V. (%)	13,79	
Significancia	**	

Toala, 2022

4.3 Conocimiento de la factibilidad económica del uso de estas prácticas de aplicación nutrientes en el cultivo de banano.

4.3.1 Análisis económico

El análisis económico se efectuó en la tabla 10; para lo cual fue necesario conseguir la información del precio comercial de los materiales y herramientas para

llevar a cabo la reproducción in vitro del cultivo de banano. Según los datos los costos totales por cada tratamiento fueron; T1 Silicio (Edáfico) 75 mg/l⁻¹ con 700,00 dólares, T2 Silicio (Edáfico) 100 mg/l⁻¹ con 710,00 dólares, T3 Silicio (foliar) 75 mg/l⁻¹ con 695,00 dólares, T4 Silicio (foliar) 100 mg/l⁻¹ con 705,00 dólares.

Tabla 10. Análisis económico

Descripción	Unidad	Cantidad	Precio U	TRATAMIENTOS			
				T1	T2	T3	T4
Materia prima		10	10	100,00	100,00	100,00	100,00
Implementos de laboratorio				300	300	300	300
Transporte			100	100	100	100	100
Alimentación			40	40	40	40	40
Insecticida	litro	1	30	30	30	30	30
Fertilización NPK							
20-05-10	kg	25	33	33,00	33,00	33,00	33,00
Prácticas fitosanitarias	Jornal	6	10	60,00	60,00	60,00	60,00
Riego							
Agua	m3	1,600	0,02	22,00	22,00	22,00	22,00
Dosis silicio							
75 mg/l-1(Edáfico)		15kg	15	15,00	0,00	0,00	0,00
100 mg/l-1(Edáfico)		25kg	25	0,00	25,00	0,00	0,00
75 mg/l-1(Foliar)		1L	10	0,00	0,00	10,00	0,00
100 mg/l-1(Foliar)		2L	20	0,00	0,00	0,00	20,00
Costos totales				700,00	710,00	695,00	705,00

Toala, 2022

5. Discusión

El propósito de la investigación presentada fue determinar el efecto que produce la aplicación de silicio para aumentar el crecimiento de plantas *in vitro* en el cultivo de banano en la parroquia Virgen de Fátima, provincia del Guayas.

Posteriormente de haber realizado el análisis e interpretación de datos, se determinó que el tratamiento T2 Silicio (Edáfico) 100 mg/l^{-1} fue el que obtuvo los mejores promedios en cuanto a número de brotes, longitud del brote principal y el número de hojas por planta; por lo que acorde con Hernández (2016) afirma que en su estudio se evaluó el efecto silicio en plántulas *in vitro*. Los resultados mostraron a los 23 días de cultivo, los explantes cultivados con 50 mg L^{-1} de Si en el medio de cultivo presentaron significativamente mayor peso fresco y seco con respecto al testigo. Y según Giménez (2013) Los plátanos y bananos representan gran parte de la alimentación diaria para más de 400 millones de personas en más de 100 países del trópico y subtropical. La utilización del plátano y banano como alimento ha venido incrementando su valor económico, lo que implica la necesidad de mejorar sus rendimientos, calidad y fomentar su rápida multiplicación mediante el desarrollo y transformación de tecnologías.

Los resultados obtenidos en la investigación y su respectiva tabulación estadística en lo que respecta a la aplicación de forma foliar, se pudo observar que el tratamiento destacados fue: T3 Silicio (foliar) 75 mg/l^{-1} fue el que obtuvo los mejores promedios en cuanto a número de brotes, longitud del brote principal y el número de hojas por planta; y acorde con Carballo (2019) indica que el silicio 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. La aplicación de este elemento como fertilizante, ha beneficiado el

crecimiento y desarrollo de diversos cultivos de importancia económica. En acuerdo con De Souza (2020) menciona que el silicio es absorbido cuando tiende a acumularse en las hojas, formando una barrera protectora y regulación de la pérdida de agua de la planta por transpiración, ayudando al proceso aclimatación de plantas micropropagadas. Además, es un elemento beneficioso que puede significar un éxito total para la iniciativa, es decir, supervivencia de las plántulas en el período de transición de las condiciones *in vitro* a las ambientales.

En base al tercer objetivo específico se determinó el análisis económico de cada tratamiento en estudio según los datos los costos totales por cada tratamiento fueron; T1 Silicio (Edáfico) 75 mg/l⁻¹ con 700,00 dólares, T2 Silicio (Edáfico) 100 mg/l⁻¹ con 710,00 dólares, T3 Silicio (foliar) 75 mg/l⁻¹ con 695,00 dólares, T4 Silicio (foliar) 100 mg/l⁻¹ con 705,00 dólares. Acorde con Montiel (2016) la técnica *in vitro*, consta de cinco fases (obtención del material vegetal, establecimiento *in vitro*, multiplicación *in vitro*, enraizamiento y aclimatización) donde cada una de ellas es importante para asegurar plantas vigorosas en el campo definitivo. Así también indica Molina (2014) que el alto costo de las plantas *in vitro* limita el uso masivo para el establecimiento de plantaciones comerciales; lo más indicado es la siembra de éstas para destinarlas como fuente de semilla y ser reproducidas por diferentes métodos a nivel de viveros. Por lo tanto, se acepta la hipótesis del estudio, indicando que algún tratamiento a base de silicio mejoró la producción de plantas de banano *in vitro*, siendo los tratamiento destacado T2 Silicio (Edáfico) 100 mg/l⁻¹ y T3 Silicio (foliar) 75 mg/l⁻¹.

6. Conclusiones

Una vez analizados los datos de esta investigación, se puede concluir:

En cuanto a variables como número de brotes, longitud del brote principal y el número de hojas por planta en la aplicación de forma edáfica se obtuvo mejores promedios en el T2 Silicio (Edáfico) 100 mg/l¹

Se determinó el tratamiento sobresaliente en número de brotes, longitud del brote principal y el número de hojas por planta en la aplicación de forma foliar los valores correspondientes fueron: T3 Silicio (foliar) 75 mg/l¹ con un valor promedio de 4,26 número de brotes, T3 Silicio (foliar) 75 mg/l¹ con un valor promedio de 5,36 en la longitud del brote principal, T3 Silicio (foliar) 75 mg/l¹ con un valor promedio de 9,29 en el número de hojas por planta.

En el análisis económico se determinó los costos totales por cada tratamiento de la investigación in vitro del cultivo de banano, los costos totales fueron; T1 Silicio (Edáfico) 75 mg/l¹ con 700,00 dólares, T2 Silicio (Edáfico) 100 mg/l¹ con 710,00 dólares, T3 Silicio (foliar) 75 mg/l¹ con 695,00 dólares, T4 Silicio (foliar) 100 mg/l¹ con 705,00 dólares.

7. Recomendaciones

De acuerdo con la presente investigación se recomienda:

Realizar investigaciones con diferentes medios de cultivos para la propagación del cultivo de banano, para definir más alternativas para el desarrollo de las plantas in vitro.

Ejecutar un estudio comparativo sobre el uso de silicio con diferentes dosis efectuadas, para determinar el comportamiento agronómico del cultivo de banano y determinar el impacto que estos producen.

Utilizar silicio como complemento nutricional en la técnica de propagación in vitro para potenciar el desarrollo y el incremento del rendimiento del cultivo de banano.

8. Bibliografía

- Aldana, F., Fernández, O., García, L., Sarría, Z., & Hurtado, O. (2020). Respuesta agronómica de plantas de banano cultivar 'FHIA-17' (Musa AAAA) obtenidas por cultivo de tejidos y por propagación agámica. *Biotecnología Vegetal*, Obtenido de http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2074-86472020000200083
- Angulo, C. (2009). *Análisis de producción y comercialización de banano Cavendish saphientum en la empresa Dineagro'S*. Tesis de grado. Obtenido de <https://dspace.unl.edu.ec/jspui/bitstream/123456789/5599/1/Angulo%20Cortez%20Carlos.pdf>
- Arévalo, C. (2018). *Hongos asociados al Falso Mal de Panamá en el cultivo de banano orgánico en el valle del Chira Sullana, Piura*. Universidad Nacional de Piura. Perú: UNP. Obtenido de <https://repositorio.unp.edu.pe/handle/UNP/1281>
- Arruda, A., Posser, J., Nerbass, F., & Kretzschmar, A. (2019). Silicio en la micropropagación de fresa cv. "Jonica". *Revista biotecnología vegetal*, 19(3). Obtenido de <https://revista.ibp.co.cu/index.php/BV/article/view/631>
- Asamblea Nacional de la República del Ecuador. (2016). Protección y recuperación de la fertilidad de la tierra rural de producción Artículo 49.- Protección y recuperación. <https://www.ambiente.gob.ec/wptent/uploads/downloads/2018/09/Ley-Organica-de-Tierras-Rurales-y-Territorios-Ancestrales.pdf>
- Astudillo, M. (2016). Morfología del cultivo de banano. Hojas. Obtenido de <https://www.promusa.org/Morfolog%C3%ADa+de+la+planta+del+banano>
- Benítez, P. (2017). *Alteraciones que no permiten cumplir con los estándares de calidad del banano para exportación en la hacienda María Antonieta*. Tesis

- de grado, Universidad Técnica de Ambato, Ecuador. Obtenido de <https://repositorio.uta.edu.ec/handle/123456789/25053>
- Borja, U. (2018). Generalidades del cultivo de Plátano y banano. Obtenido de https://www.academia.edu/39667981/GENERALIDADES_DEL_CULTIVO
- Bustos, F. (2016). Morfología del cultivo de banano. Yemas. Obtenido de <https://es.slideshare.net/guest6fb418/morfologia-de-la-planta-de-banano>
- Carballo, F. (2019). *Efecto del silicio en plantas sometidas a estrés salino*. Universidad Autónoma de Nuevo León, México. Obtenido de <http://eprints.uanl.mx/18339/>
- Carriel, J. (2020). *Efecto de la nutrición translaminar en el comportamiento agronómico del cultivo de banano (musa x paradisiaca Var. Williams) en el cantón Valencia*. Universidad Técnica Estatal de Quevedo, Los Ríos. Obtenido de <https://repositorio.uteq.edu.ec/handle/43000/5985>
- Carrión, A. (2018). *Evaluación del comportamiento agronómico del cultivo de banano (Musa acuminata triploide A), aplicando un fertilizante a base de silicio en el cantón El Guabo, provincia de El Oro*. Universidad Católica de Santiago de Guayaquil, Guayas. Obtenido de <http://201.159.223.180/handle/3317/10345>
- Cedeño, E. (2017). *Efectos de estimulantes orgánicos y fertilización potásica sobre la resistencia a Sigatoka Negra (Mycosphaerella fijiensis) y producción en el cultivo de banano (Musa paradisiaca) en el cantón Buena Fe*. Tesis de grado, Universidad Técnica Estatal de Quevedo, Quevedo. Obtenido de <https://repositorio.uteq.edu.ec/bitstream/43000/3283/1/T-UTEQ-0117.pdf>
- Código Orgánico de la Producción, Comercio e Inversiones. (2010) Según la Constitución de la República sección II. Se reconoce el derecho de la

población a vivir en un ambiente sano y ecológico equilibrado, que garantice la sostenibilidad y el buen vivir. Obtenido de https://www.ambiente.gob.ec/wpcontent/uploads/downloads/2018/01/CODIGO_ORGANICO_AMBIENTE.pdf

Correa, K. (2015). *Evaluación de la evapotranspiración del cultivo de banano (Musa sp) utilizando la ecuación de la FAO Penman - Monteith*. Tesis de grado, Universidad de Guayaquil, Guayaquil. Obtenido de <http://repositorio.ug.edu.ec/bitstream/redug/8376/1/Correa%20Bayona%20Karla.pdf>

Cubillos, D. (2018). Luminosidad. Cultivo de banano. Obtenido de https://inta.gob.ar/sites/default/files/script-tmp-banano-_manejo_.pdf

Delgado, A. (2019). *Maceración del pseudotallo en banano utilizando microorganismos de montaña en combinación con fertilizantes químicos para estimular el crecimiento del retorno*. Tesis de grado. Obtenido de http://repositorio.utmachala.edu.ec/bitstream/48000/13844/1/DE00003_TRABAJODETITULACION.pdf

De Souza, J., Mantovani, C., Barros, K., Borges, A., & Lopes, K. (2020). *Silicio en crecimiento y desarrollo in vitro y aclimatización de Cattleya amethystoglossa Linden & RCHB.F. (Orchidaceae)*. V Congreso Internacional. Obtenido de <https://cointer.institutoidv.org/smart/2020/pdvagro/uploads/1554.pdf>

Galan, V., Rangel, A., López, J., Pérez, J., Sandoval, J., & Souza, H. (2018). Propagación del banano: técnicas tradicionales, nuevas tecnologías e innovaciones. *Revista Brasileña de fruticultura*, 40(4). Obtenido de <https://www.scielo.br/j/rbf/a/bS5hbygvph3BWN78ppcGmGz/?lang=es>

- Galarza, A. (2019). Tipos de flores. Cultivo de banano. Obtenido de <https://redagroactiva.com/morfologia-de-la-planta-de-platano/>
- González, C. (2017). *Efecto de la sustitución del cloruro de potasio por el nitrato de potasio en un programa de fertilización bananero*. Universidad Técnica de Machala, El Oro. Obtenido de <http://repositorio.utmachala.edu.ec/handle/48000/10636>
- Hernández, P. (2015). *Efecto de la aplicación de silicio en el medio de cultivo sobre distintos parámetros fisiológicos en explantes de Dendrocalamus giganteus Munro*. Universidad de Costa Rica. Obtenido de <http://repositorio.sibdi.ucr.ac.cr:8080/jspui/handle/123456789/3881>
- Herrera, F. (2017). Altitud optima para el desarrollo del cultivo de banano. Obtenido de <http://www.centa.gob.sv/docs/guias/frutales/GUIA%20CULTIVO%20PLATANANO%202011.pdf>
- Intagri. (2018). Requerimientos de Clima y Suelo para el Cultivo de Banano. *Artículos Técnicos de Intagri*, 33(3). Obtenido de <https://www.intagri.com/articulos/frutales/requerimientos-de-clima-y-suelo-para-el-cultivo-de-banano>
- Jiménez, A. (2017). *Obtención de yemas adventicias in vitro en los cultivares de Musa 'Manzano' (AAB) y 'Gros Michel' (AAA)*. Universidad Central "Marta Abreu" de Las Villas, Santa Clara. Obtenido de <https://dspace.uclv.edu.cu/handle/123456789/7951>
- Ley Orgánica del Régimen de la Soberanía Alimentaria. (2014). La ley que regule el desarrollo agropecuario creará la institucionalidad necesaria encargada de la investigación científica, tecnológica y de extensión. Obtenido de <https://www.soberaniaalimentaria.gob.ec/pacha/wpcontent/uploads/2011/0>

- Loor, M. (2019). Temperaturas en floración. Cultivo de banano. Obtenido de http://centa.gob.sv/docs/guias/frutales/Guia%20Centa_Platano%202019.pdf
- Molina, S. (2016). Suelos. Requerimientos edafoclimáticos. Obtenido de <https://www.solucionesanaliticas.com/blog/condiciones-del-suelo-para-la-siembra-de-banano/>
- Malqui, R. (2021). *Efecto de diferentes sustratos orgánicos en la aclimatación de plantas obtenidas in vitro de pitahaya amarilla Selenicereus megalanthus (K. Schum. ex Vaupel) Moran*. Universidad Nacional Toribio Rodríguez de Mendoza de Amazonas, Perú. Obtenido de <http://repositorio.untrm.edu.pe/handle/UNTRM/2306>
- Montiel, L., Enríquez, J., & Cisneros, A. (2016). Propagación in vitro de *Hylocereus monacanthus* (Lem.) Britton y Rose. *Revista biotecnología vegetal*, 16(2), 113 - 123. Obtenido de <https://revista.ibp.co.cu/index.php/BV/article/view/516/html>
- Naranjo, H. (2019). *Evaluación de bacterias solubilizadoras de fósforo en la aclimatización de plantas in vitro de banano Musa sp. Var. Williams en condiciones de invernadero*. Tesis de grado, Universidad de Guayaquil, Guayas. Obtenido de <http://repositorio.ug.edu.ec/handle/redug/45263>
- Nascimento, K. (2021). *Influencia del silicio en la respuesta a estreses abióticos y bióticos en plantas leñosas*. Universidad de Córdoba. UCOPress. Obtenido de <https://helvia.uco.es/handle/10396/21213>
- Ospina, F. (2019). *Temperatura del cultivo de banano*. Obtenido de <http://www.crystal-chemical.com/banano.htm>
- Pasiche, L. (2018). *Control de hongos asociados a la pudrición de la corona y detección del inóculo primario en frutos de banano orgánico de exportación*

- en Piura*. Tesis de grado, Universidad Nacional de Piura, Piura. Obtenido de <http://repositorio.unp.edu.pe/handle/UNP/1293>
- Quinto, R. (2019). Hojas. Morfología del cultivo de banano. Obtenido de <https://www.promusa.org/Morfolog%C3%ADa+de+la+planta+del+banano>
- Reyes, V. (2018). Pseudotallo. Morfología del cultivo de banano. Obtenido de https://repositorio.uptc.edu.co/bitstream/001/2768/1/TGT_1401.pdf
- Rodríguez, C. (2020). *Efecto de la aplicación del bioestimulante Nutrisorb® G sobre la respuesta agronómica del cultivo de banano (Musa AAA subgrupo Cavendish cv. Gran Enano), en Parrita, Puntarenas*. Instituto Tecnológico de Costa Rica, Puntarena. Obtenido de <https://repositoriotec.tec.ac.cr/handle/2238/12243>
- Roldan, P. (2020). Cormo. Morfología del cultivo de banano. Obtenido de <https://bdigital.zamorano.edu/bitstream/11036/6624/1/CPA-2019-T054.pdf>
- Romero, L, (2017). Inflorescencia del cultivo de banano. Obtenido de <https://es.slideshare.net/JoelGarcialglesias/inflorescencia-platanos>
- Rumaldo, J. (2016). *Multiplicación in vitro de platano musa paradisiaca (var. curare enano), a partir de ápices meristemáticos, utilizando dos concentraciones de 6-benzilaminopurina y diferentes volúmenes de solución madre en medio líquido*. Universidad de El Salvador, Santa Ana. Obtenido de <https://ri.ues.edu.sv/id/eprint/13718/>
- Sánchez, M., Carr, C., Alfaro, F., Masís, S., Conejo, A., Guzmán, M., & Sandoval, J. (2019). Cultivo in vitro de ápices: ¿Una técnica segura para obtener plantas de banano libres de *Fusarium oxysporum* f.sp. cubense? *Revista Corbana*, 45(65), 1-18.

- Sánchez, S. (2020). *Efecto de la enmienda biocarbon+biol y sio2 en un suelo franco arenoso sobre el desarrollo vegetativo de musa sp.* Universidad Técnica de Machala, El Oro. Obtenido de <http://repositorio.utmachala.edu.ec/handle/48000/16148>
- Secretaria Nacional del Buen Vivir. (2016). *Objetivos Nacionales para el Buen Vivir.*
- Suárez, N. (2017). Humedad relativa del cultivo de banano. Obtenido de <https://core.ac.uk/download/pdf/270125519.pdf>
- Tene, J. (2021). *Efecto de la fertilización edáfica nitrogenada y potásica en parámetros agronómicos del cultivo de banano (musa x paradisiaca.) clon williams.* Universidad Técnica de Machala, El Oro. Obtenido de <http://repositorio.utmachala.edu.ec/handle/48000/16571>
- Tenesaca, S. (2019). *Determinación de la dosis de biocarbón como enmienda edáfica en el cultivo de banano (Musa x paradisiaca) clon Williams.* Tesis de grado, Universidad Técnica de Machala, Machala. Obtenido de http://repositorio.utmachala.edu.ec/bitstream/48000/15165/1/DE00021_TRABAJODETITULACION.pdf
- Tenorio, A. (2016). Fruto del cultivo de banano. Morfología. Obtenido de <https://es.slideshare.net/duendeobsuro/anatoma-delfrutodeplatano>
- Tigasi, C. (2017). *Cultivo de alta densidad en banano (Musa pararadisíaca Var. Cavendish).* Tesis de grado, Universidad Técnica de Cotopaxi, La Manà. Obtenido de <http://repositorio.utc.edu.ec/handle/27000/4119>
- Torres, D., García, L., Bermúdez, I., Sarría, Z., Hurtado, O., Delgado, E., . . . Fernández, O. (2020). Respuesta morfo-agronómica y organoléptica de cinco cultivares de banano (Musa spp.) en condiciones de campo. *Bioteología Vegetal*, 20(1), 43 - 50. Obtenido de

http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2074-86472020000100043

- Torres, J. (2016). *Absorción, distribución y acumulación de nitrógeno en banano variedad Williams en dos ciclos de producción en zona húmeda tropical*. Tesis de grado, Universidad Nacional de Colombia. Obtenido de <https://repositorio.unal.edu.co/handle/unal/56829>
- Torres, S. (2012). Guía práctica para el manejo de banano orgánico. Obtenido de https://www.swisscontact.org/fileadmin/user_upload/COUNTRIES/Peru/Documents/Publications/manual_banano.pdf
- Urban, N. (2014). *Aplicación de soluciones nutritivas inyectadas y en drench más la adición de Leonardita en el cultivo de banano (Musa AAA.) variedad williams*. Tesis de grado, Universidad de Guayaquil, Guayaquil. Obtenido de <http://repositorio.ug.edu.ec/handle/redug/6056>
- Vásquez, K. (2020). Vientos. Requerimientos edafoclimáticos del cultivo de banano. Obtenido de <https://www.mundohuerto.com/cultivos/platano-banano/donde-se-cultiva>
- Verdesoto, A. (2018). *Evaluación del efecto de rizobacterias promotoras de crecimiento de plantas (pgprs) con actividad antagonista hacia el nematodo Radopholus similis en el cultivo de banano in vitro*. Universidad Técnica Estatal de Quevedo. Los Ríos: UTEQ. Obtenido de <https://repositorio.uteq.edu.ec/handle/43000/3320>
- Vézina, A. (2020). Morfología de la planta de Banano. Obtenido de <http://www.promusa.org/Morfolog%C3%ADa+de+la+planta+del+banano>.

9. Anexos

Tabla 4. Número de brotes (n)

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
Número de brotes (n)	20	0,93	0,85	13,54

Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	25,61	10	2,56	11,58	0,0005
Tratamientos	24,78	1	24,78	112,03	<0,0001
Repeticiones	0,83	9	0,09	0,42	0,8942
Error	1,99	9	0,22		
Total	27,60	19			

Test: Tukey Alfa=0,05 DMS=0,47576

Error: 0,2212 gl: 9

Tratamientos	Medias	n	E.E.	
T1 Silicio (Edáfico) 75 mg..	2,36	10	0,15	A
T2 Silicio (Edáfico) 100 m..	4,59	10	0,15	B

Test: Tukey Alfa=0,05 DMS=1,90821

Error: 0,2212 gl: 9

Repeticiones	Medias	n	E.E.	
4	3,13	2	0,33	A
8	3,19	2	0,33	A
6	3,26	2	0,33	A
9	3,48	2	0,33	A
5	3,48	2	0,33	A
2	3,53	2	0,33	A
3	3,55	2	0,33	A
1	3,65	2	0,33	A
10	3,71	2	0,33	A
7	3,76	2	0,33	A

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

Toala, 2022

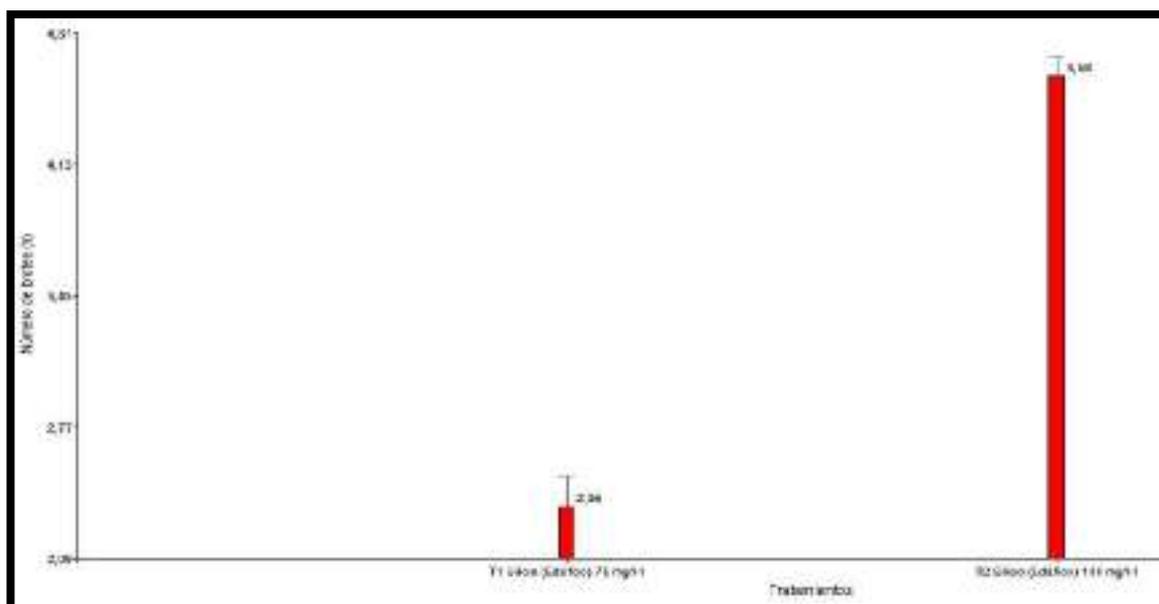
Figura 1. Número de brotes (n)
Toala, 2022

Tabla 5. Longitud del brote principal (cm)

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
Longitud del brote princip..	20	0,94	0,88	8,90

Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	26,13	10	2,61	15,45	0,0002
Tratamientos	25,76	1	25,76	152,35	<0,0001
Repeticiones	0,36	9	0,04	0,24	0,9781
Error	1,52	9	0,17		
Total	27,65	19			

Test:Tukey Alfa=0,05 DMS=0,41603

Error: 0,1691 gl: 9

Tratamientos	Medias	n	E.E.	
T1 Silicio (Edáfico) 75 mg..	3,48	10	0,13	A
T2 Silicio (Edáfico) 100 m..	5,75	10	0,13	B

Test:Tukey Alfa=0,05 DMS=1,66863

Error: 0,1691 gl: 9

Repeticiones	Medias	n	E.E.	
1	4,35	2	0,29	A
8	4,55	2	0,29	A
5	4,56	2	0,29	A
10	4,56	2	0,29	A
6	4,57	2	0,29	A
3	4,62	2	0,29	A
2	4,69	2	0,29	A
7	4,70	2	0,29	A
4	4,72	2	0,29	A
9	4,89	2	0,29	A

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

Toala, 2022

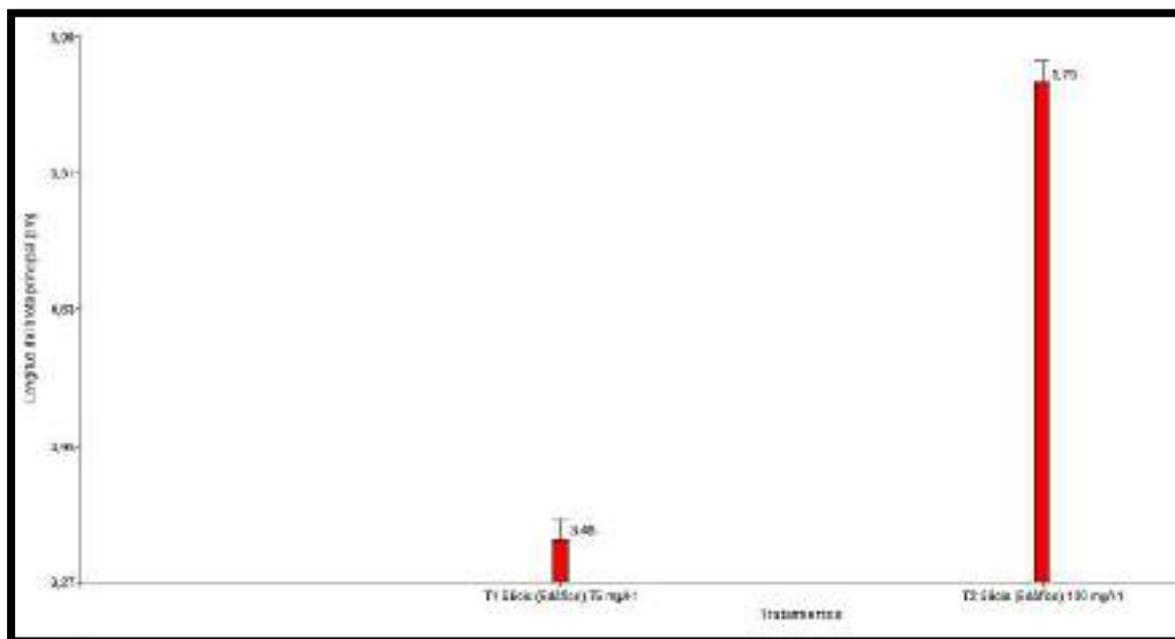


Figura 2. Longitud del brote principal (cm)

Toala, 2022

Tabla 6. Número de hojas por planta (n)

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
Número de hojas por planta.	20	0,93	0,86	9,69

Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	26,12	10	2,61	12,65	0,0004
Tratamientos	25,40	1	25,40	123,08	<0,0001
Repeticiones	0,71	9	0,08	0,38	0,9148
Error	1,86	9	0,21		
Total	27,97	19			

Test:Tukey Alfa=0,05 DMS=0,45960*Error: 0,2064 gl: 9*

Tratamientos	Medias	n	E.E.	
T1 Silicio (Edáfico) 75 mg..	6,85	10	0,14	A
T2 Silicio (Edáfico) 100 m..	9,11	10	0,14	B

Test:Tukey Alfa=0,05 DMS=1,84340*Error: 0,2064 gl: 9*

Repeticiones	Medias	n	E.E.	
5	7,63	2	0,32	A
9	7,78	2	0,32	A
7	7,87	2	0,32	A
8	7,92	2	0,32	A
10	7,95	2	0,32	A
1	8,01	2	0,32	A
4	8,06	2	0,32	A
3	8,08	2	0,32	A
6	8,22	2	0,32	A
2	8,31	2	0,32	A

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

Toala, 2022

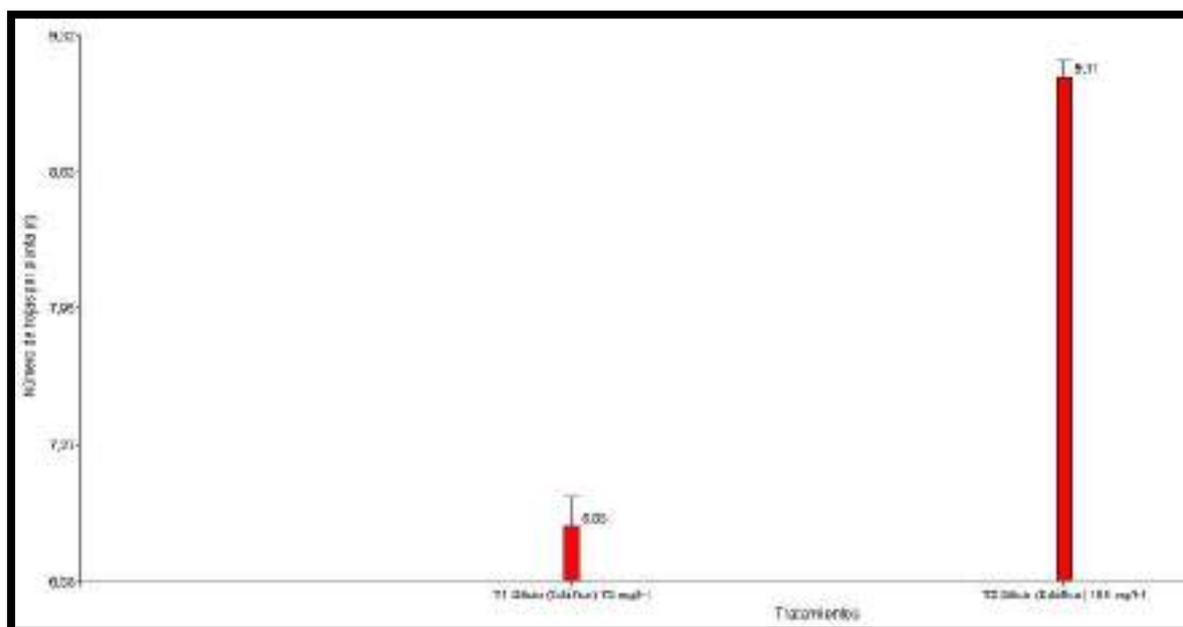


Figura 3. Número de hojas por planta (n)

Toala, 2022

Tabla 7. Número de brotes (n)

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
Número de brotes (n)	20	0,98	0,96	11,14

Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	6,72	10	0,67	49,50	<0,0001
Tratamientos	6,12	1	6,12	450,38	<0,0001
Repeticiones	0,61	9	0,07	4,95	0,0129
Error	0,12	9	0,01		
Total	6,84	19			

Test:Tukey Alfa=0,05 DMS=0,11789

Error: 0,0136 gl: 9

Tratamientos	Medias	n	E.E.	
T4 Silicio (foliar) 100 mg/..	3,15	10	0,04	A
T3 Silicio (foliar) 75 mg/..	4,26	10	0,04	B

Test:Tukey Alfa=0,05 DMS=0,47285

Error: 0,0136 gl: 9

Repeticiones	Medias	n	E.E.	
4	3,54	2	0,08	A
3	3,55	2	0,08	A
5	3,59	2	0,08	A
6	3,60	2	0,08	A
1	3,62	2	0,08	A
2	3,63	2	0,08	A
8	3,70	2	0,08	A B
9	3,86	2	0,08	A B
7	3,88	2	0,08	A B
10	4,11	2	0,08	B

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

Toala, 2022

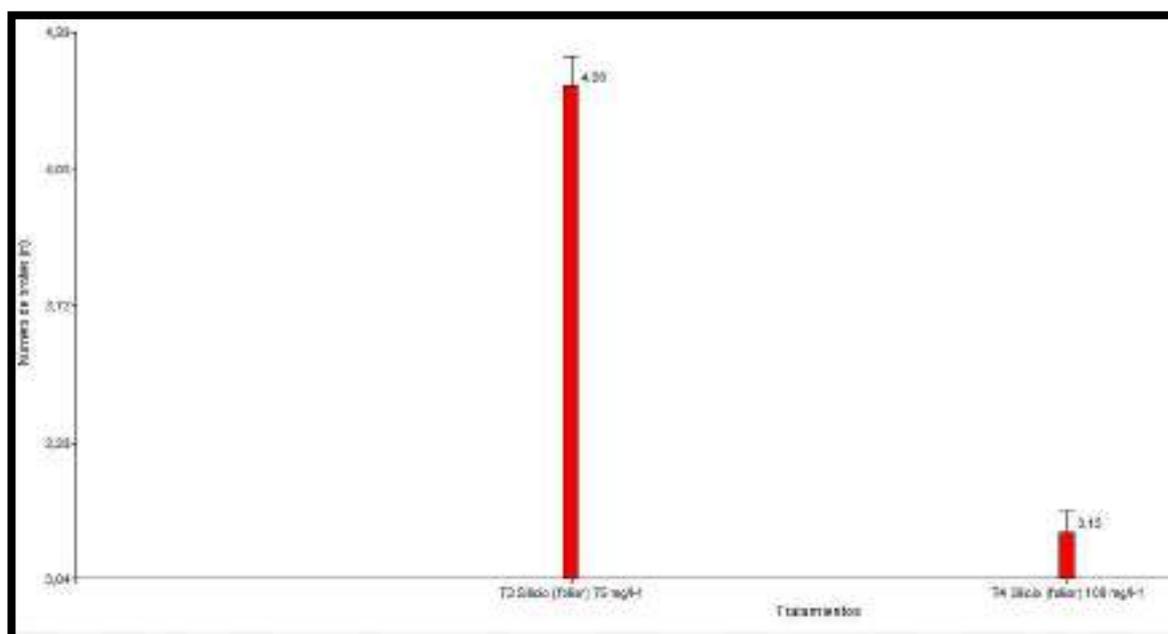


Figura 4. Número de brotes (n)

Toala, 2022

Tabla 8. Longitud del brote principal (cm)

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
Longitud del brote principal	20	0,96	0,92	14,23

Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	9,22	10	0,92	23,29	<0,0001
Tratamientos	8,58	1	8,58	216,68	<0,0001
Repeticiones	0,64	9	0,07	1,80	0,1975
Error	0,36	9	0,04		
Total	9,58	19			

Test: Tukey Alfa=0,05 DMS=0,20132

Error: 0,0396 gl: 9

Tratamientos	Medias	n	E.E.	
T4 Silicio (foliar) 100 mg/..	4,05	10	0,06	A
T3 Silicio (foliar) 75 mg/..	5,36	10	0,06	B

Test: Tukey Alfa=0,05 DMS=0,80746

Error: 0,0396 gl: 9

Repeticiones	Medias	n	E.E.	
2	4,51	2	0,14	A
7	4,53	2	0,14	A
1	4,55	2	0,14	A
3	4,57	2	0,14	A
4	4,68	2	0,14	A
8	4,72	2	0,14	A
6	4,76	2	0,14	A
9	4,83	2	0,14	A
10	4,85	2	0,14	A
5	5,12	2	0,14	A

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

Toala, 2022

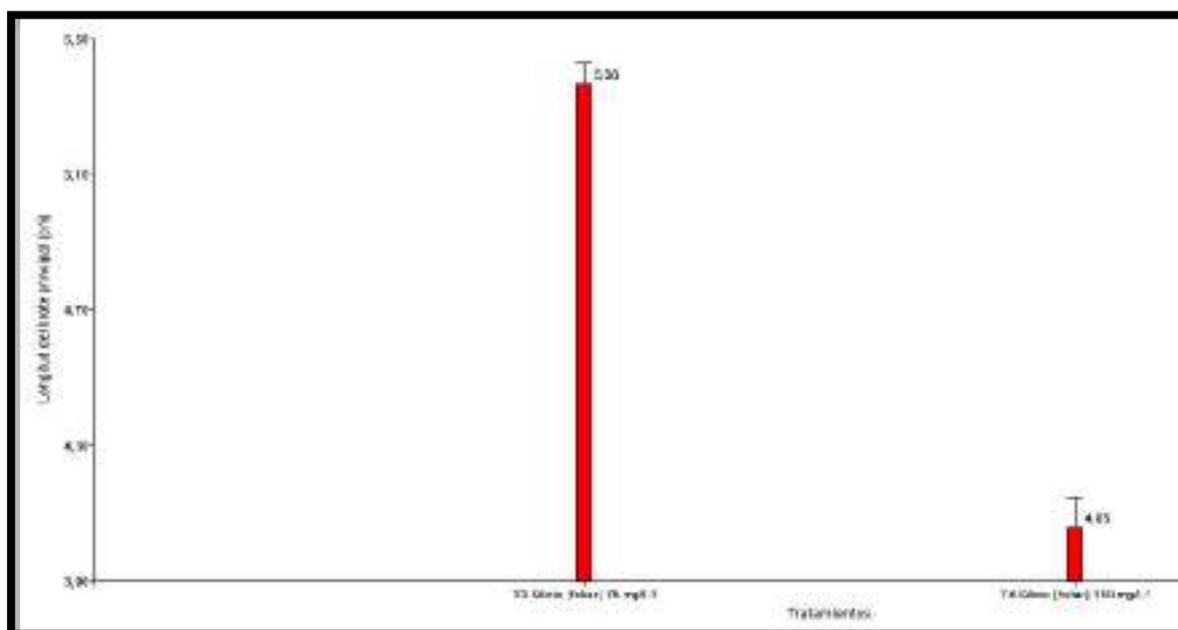


Figura 5. Longitud del brote principal (cm)

Toala, 2022

Tabla 9. Número de hojas por planta (n)

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
Número de hojas por planta	20	0,88	0,74	13,79

Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	5,36	10	0,54	6,42	0,0050
Tratamientos	5,02	1	5,02	60,14	<0,0001
Repeticiones	0,34	9	0,04	0,45	0,8769
Error	0,75	9	0,08		
Total	6,11	19			

Test:Tukey Alfa=0,05 DMS=0,29229

Error: 0,0835 gl: 9

Tratamientos	Medias	n	E.E.	
T4 Silicio (foliar) 100 mg/..	8,29	10	0,09	A
T3 Silicio (foliar) 75 mg/..	9,29	10	0,09	B

Test:Tukey Alfa=0,05 DMS=1,17234

Error: 0,0835 gl: 9

Repeticiones	Medias	n	E.E.	
7	8,53	2	0,20	A
1	8,69	2	0,20	A
8	8,70	2	0,20	A
5	8,71	2	0,20	A
9	8,78	2	0,20	A
10	8,84	2	0,20	A
2	8,86	2	0,20	A
4	8,88	2	0,20	A
6	8,90	2	0,20	A
3	9,01	2	0,20	A

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

Toala, 2022

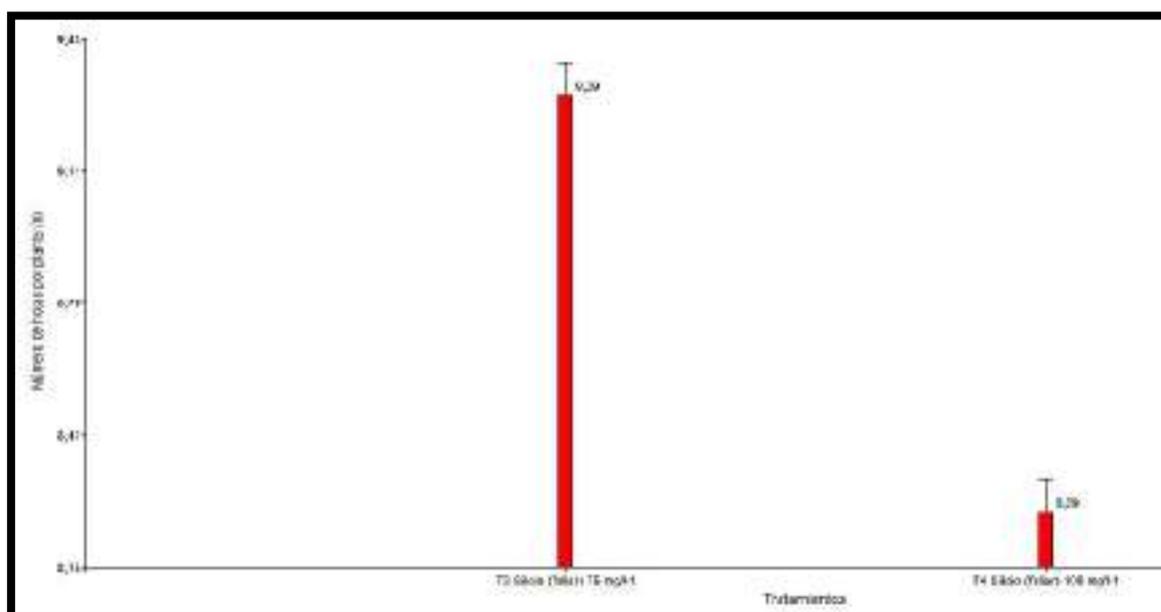


Figura 6. Número de hojas por planta (n)

Toala, 2022



Figura 7. Recolección del material v.
Toala, 2022



Figura 8. Desinfección de materiales
Toala, 2022



Figura 8. Desinfección de materiales
Toala, 2022



Figura 10. Realización de medio de cultivo
Toala, 2022



Figura 11. Corte de brotes
Toala, 2022



Figura 12. Etiquetado de muestras
Toala, 2022



Figura 13. Almacenamiento de muestras
Toala, 2022



Figura 14. Supervisión en laboratorio
Toala, 2022



Figura 15. Retiro de muestras
Toala, 2022



Figura 16. Crecimiento de muestras
Toala, 2022

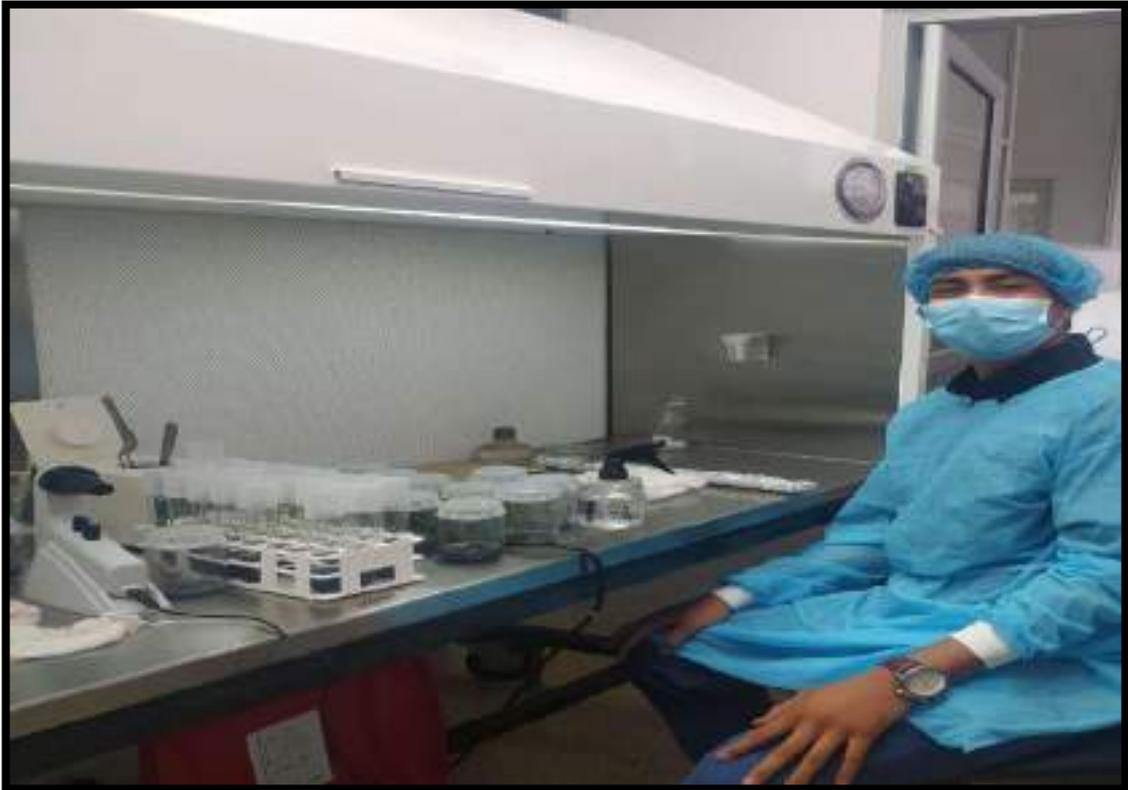


Figura 17. Inspección de muestras
Toala, 2022



Figura 18. Traspaso a tubos de ensayo
Toala, 2022



Figura 19. Siembra de explantes
Toala, 2022



Figura 20. Uso de ambiente controlado
Toala, 2022



Figura 21. Crecimiento de plantas
Toala, 2022



Figura 22. Visita del tutor guía
Toala, 2022



Figura 23. Aplicación de silicio
Toala, 2022



Figura 24. Vista panorámica del ensayo
Toala, 2022



Figura 25. Revisión de hojas
Toala, 2022



Figura 26. Toma de datos
Toala, 2022



Figura 27. Poda fitosanitaria
Toala, 2022



Figura 28. Aclimatación de plantas
Toala, 2022



Figura 29. Uso de maquinaria agrícola
Toala, 2022



Figura 30. Preparación del terreno
Toala, 2022



Figura 31. Siembra en campo de plantas
Toala, 2022



Figura 32. Crecimiento del cultivo
Toala, 2022