



UTMACH

FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS

CARRERA DE AGRONOMÍA

Efectos de distintas fuentes de silicio foliar sobre el desarrollo de banano en Ecuador

**ZHAGUI CAPA JOSUE RAUL
INGENIERO AGRONOMO**

**APOLO APOLO VICTOR DANIEL
INGENIERO AGRONOMO**

**MACHALA
2022**



UTMACH

FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS

CARRERA DE AGRONOMÍA

**Efectos de distintas fuentes de silicio foliar sobre el desarrollo de
banano en Ecuador**

**ZHAGUI CAPA JOSUE RAUL
INGENIERO AGRONOMO**

**APOLO APOLO VICTOR DANIEL
INGENIERO AGRONOMO**

**MACHALA
2022**



UTMACH

FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS

CARRERA DE AGRONOMÍA

ENSAYOS O ARTÍCULOS ACADÉMICOS

**Efectos de distintas fuentes de silicio foliar sobre el desarrollo de
banano en Ecuador**

**ZHAGUI CAPA JOSUE RAUL
INGENIERO AGRONOMO**


**APOLO APOLO VICTOR DANIEL
INGENIERO AGRONOMO**

VILLASEÑOR ORTIZ DIEGO RICARDO

**MACHALA
2022**

Evidencias de seguimiento de proceso de revisión de Artículo Científico:

Correo recibido Lunes 24/04/2023

 Revista Científica <abintus@ayv.unrc.edu.ar> ☺ ↶ ↷ ⋮

Para: ○ Víctor Daniel Apolo Apolo Lun 24/04/2023 14:14


Estimado Dr Apolo, buenas tardes! el trabajo ya fue evaluado por los miembros del comité editorial y ahora esta siendo enviado a los revisores.
Le pido disculpas por la demora, pero hemos tenido algunos inconvenientes con la plataforma y los mails
Saludos cordiales!


...

Pablo J. Tamiozzo
Editor Responsable de la **Revista Científica de la Facultad de Agronomía y Veterinaria - Ab intus-**
Facultad de Agronomía y Veterinaria
Universidad Nacional de Río Cuarto.

*Facultad de Agronomía y Veterinaria - Universidad Nacional de Río Cuarto
Ruta 36 Km 601 - Río Cuarto - Córdoba - Argentina*

Correo recibido Miércoles 08/03/2023

Recepción de artículo  🔍

 José Ignacio • Coordinador de Comunicaciones en FCH - Universidad Nacional de Río Cuarto [Ver perfil](#) ✕

 José Ignacio Salazar <joseignosalazar@gmail.com > ☺ ↶ ↷ ⋮

Para: ○ Víctor Daniel Apolo Apolo Mié 08/03/2023 10:39

CC: ○ Pablo Tamiozzo <abintus@ayv.unrc.edu.ar>

Estimado Víctor.

Recibimos su artículo "Efectos de distintas fuentes de silicio foliar sobre el desarrollo de banano en Ecuador" en la Revista Ab Intus. En breve ingresará al proceso de evaluación y revisión. El Editor Responsable de la revista tomará contacto con usted.

Gracias por enviar su trabajo.

Saludos.

--

José Ignacio Salazar
<https://orcid.org/0000-0002-4359-0093>
Programa de Comunicación Institucional
Facultad de Ciencias Humanas - UNRC
Editor Técnico, "[Ab Intus](#)", "[Contextos de Educación](#)", "[Cronié](#)"

CLÁUSULA DE CESIÓN DE DERECHO DE PUBLICACIÓN EN EL REPOSITORIO DIGITAL INSTITUCIONAL

Los que suscriben, ZHAGUI CAPA JOSUE RAUL y APOLO APOLO VICTOR DANIEL, en calidad de autores del siguiente trabajo escrito titulado Efectos de distintas fuentes de silicio foliar sobre el desarrollo de banano en Ecuador, otorgan a la Universidad Técnica de Machala, de forma gratuita y no exclusiva, los derechos de reproducción, distribución y comunicación pública de la obra, que constituye un trabajo de autoría propia, sobre la cual tienen potestad para otorgar los derechos contenidos en esta licencia.

Los autores declaran que el contenido que se publicará es de carácter académico y se enmarca en las disposiciones definidas por la Universidad Técnica de Machala.

Se autoriza a transformar la obra, únicamente cuando sea necesario, y a realizar las adaptaciones pertinentes para permitir su preservación, distribución y publicación en el Repositorio Digital Institucional de la Universidad Técnica de Machala.

Los autores como garantes de la autoría de la obra y en relación a la misma, declaran que la universidad se encuentra libre de todo tipo de responsabilidad sobre el contenido de la obra y que asumen la responsabilidad frente a cualquier reclamo o demanda por parte de terceros de manera exclusiva.

Aceptando esta licencia, se cede a la Universidad Técnica de Machala el derecho exclusivo de archivar, reproducir, convertir, comunicar y/o distribuir la obra mundialmente en formato electrónico y digital a través de su Repositorio Digital Institucional, siempre y cuando no se lo haga para obtener beneficio económico.



ZHAGUI CAPA JOSUE RAUL

0750178048



APOLO APOLO VICTOR DANIEL

0706435476

Efectos de distintas fuentes de silicio foliar sobre el desarrollo de banano en Ecuador

Effects of different sources of foliar silicon on the development of bananas in Ecuador

Josué Zhagui Capa¹; Víctor Apolo Apolo^{1*}; Diego Villaseñor Ortiz^{1,2}; Ángel Luna Romero^{1,2}; Edison Jaramillo Aguilar^{1,2}

1 Facultad de Ciencias Agropecuarias, Universidad Técnica de Machala (UTMACH), Granja experimental Santa Inés, Av. Panamericana, Machala, Ecuador.

2 Semillero Estudiantil de Investigación en Fitotecnia, UTMACH.

ID ORCID de los autores:

J. Zhagui: <https://orcid.org/0009-0007-8020-0158>

V. Apolo: <https://orcid.org/0000-0002-5320-1979>

D. Villaseñor: <https://orcid.org/0000-0001-5646-4451>

A. Luna: <https://orcid.org/0000-0002-4311-9445>

E. Jaramillo: <https://orcid.org/0000-0002-8241-9598>

* Autor corresponsal: 070205, +593959939115, vapolo2@utmachala.edu.ec (V. Apolo Apolo)

RESUMEN

El banano es un cultivo que demanda altas cantidades de nutrientes del suelo, el silicio no se considera esencial para las plantas varias investigaciones han demostrado que su aplicación puede ser beneficiosa para el crecimiento y la productividad de ciertos vegetales, este elemento es absorbido en forma de ácido monosilícico y se transporta a través del sistema vascular hacia la parte aérea y se deposita en los tejidos vegetales. Esta investigación se enfocó en evaluar los efectos de diferentes fuentes de silicio foliar en el desarrollo del banano en Ecuador y comprender los mecanismos detrás de estos efectos para mejorar la producción agrícola. El diseño experimental utilizado fue un diseño de bloques completamente al azar con seis tratamientos y cuatro repeticiones, implementando un diseño factorial 6x4, para un total de 24 unidades experimentales. Los tratamientos consistieron en la aplicación de tres dosis de ácido monosilícico y dos fuentes de silicato líquido, una de potasio y otra de calcio. Los resultados del estudio indicaron que las diferentes dosis de ácido monosilícico presentaron diferencias en el desarrollo del cultivo de banano. Sin embargo, la aplicación de silicato de calcio tuvo un efecto significativo en diferentes variables relacionadas con el crecimiento y desarrollo de las plantas. No obstante, no se observaron efectos significativos del silicio en la salud de las raíces en el ensayo establecido.

Palabras claves: Ácido monosilícico, silicato, crecimiento, desarrollo, diseño experimental.

ABSTRACT

Banana is a crop that demands high amounts of nutrients from the soil, within these nutrients is silicon, this element is not considered essential for plants, however several investigations have shown that its application can be beneficial for growth and productivity. of certain plants. This element is absorbed in the form of monosilicic acid and is transported through the vascular system to the aerial part and is deposited in plant tissues. This research focused on evaluating the effects of different sources of foliar silicon on banana development in Ecuador and understanding the mechanisms behind these effects to improve agricultural production. The experimental design used was a completely randomized block design with six treatments and four repetitions, implementing a 6x4 factorial design, for a total of 24 experimental units. The treatments consisted of the application of three doses of monosilicic acid and two sources of liquid silicate, one of potassium and the other of calcium. The results of the study indicated that the different doses of monosilicic acid presented differences in the development of the

banana crop. However, the application of calcium silicate had a significant effect on different variables related to plant growth and development. However, no significant effects of silicon on root health were observed in the established trial.

Keywords: Monosilicic acid, silicate, growth, development, experimental design.

INTRODUCCIÓN

El banano (*Mussa spp.*) es un cultivo fundamental para la seguridad alimentaria de más de 400 millones de personas en países en desarrollo (Arias et al., 2003). En 2021, la producción mundial de banano alcanzó casi 125 millones de toneladas (FAOSTAT, 2021), convirtiéndose en una actividad agrícola relevante, para la economía ecuatoriana, establecida en una superficie cosechada de 164,085 ha⁻¹ hasta el año 2021.

Dentro del contexto nutricional, la planta de banano es una especie que demanda altas cantidades de nutrientes del suelo (Ratke et al., 2012). Sobre todo de Potasio (K) y Nitrógeno (N), como nutrientes esenciales más requeridos (Fratoni et al., 2017). Sin embargo, se ha evidenciado que este cultivo también requiere de ciertos elementos catalogados como esenciales, entre ellos el elemento Silicio (Si) (David y Villarruel, 2016).

La forma de cómo el Si es absorbido por las plantas, es en la forma química de ácido monosilícico (Si(OH)₄) encontrado en la solución del suelo (Matichenkov y Calvert, 2002). El Si una vez absorbido por las raíces de la planta, se transporta a través del sistema vascular hacia la parte aérea y se deposita en los tejidos vegetales en forma de sílice amorfa hidratada (SiO₂ · nH₂O), ya sea intra o extracelularmente (Currie y Perry, 2007).

La presencia de Si en la corteza terrestre es abundante e incide, de forma indirecta en el crecimiento y desarrollo de las plantas (Fauteux et al., 2005, 2006). Así, Matichenkov (2004), evidenció el efecto positivo de este elemento, en el desarrollo de las raíces de algunas plantas, logrando un aumento de entre 50 y 200%, en masa total de raíces. Esto implica que el Si es un elemento nutricional esencial para mejorar tanto la salud como el rendimiento de las plantas.

Existen varias formas de aplicar Si en las plantas, y la fertilización foliar puede ser una técnica efectiva para su aplicación (Savvas y Ntatsi, 2015). Aunque el Si no se considera esencial para las plantas, se ha demostrado que su aplicación puede ser beneficiosa para el crecimiento y la productividad de ciertos vegetales, como se ha demostrado en la fertilización de palmas aceiteras (Corzo, 2013). Hasta la fecha, no se han encontrado investigaciones que se centren en los posibles beneficios del efecto del Si en el desarrollo del banano. Sin embargo, diversos estudios han demostrado que este elemento, juega un papel esencial en el crecimiento y desarrollo de diferentes especies vegetales (Fauteux et al., 2005, 2006). Por ejemplo, un experimento realizado por Olle (2019) en el Instituto de Investigación de Cultivos de Estonia, observó que la aplicación de Si promovió el crecimiento y la calidad nutricional de las plantas de lechuga (*Lactuca sativa L.*), aumentando los contenidos de Fósforo (P), Calcio (Ca) y Magnesio (Mg) en las hojas. Además, en experimentos de invernadero realizados en Brasil, se encontró que la aplicación de silicato de Ca y Mg promovieron el crecimiento de las plantas, incluyendo altura, diámetro del tallo, área foliar y crecimiento de brotes y raíces (Freitas De Souza et al., 2015). Otro estudio en Colombia encontró que la aplicación de diferentes dosis de Si promovió el crecimiento de la raíz, parte aérea y diámetro del tallo de plántulas de café (*Coffea arabica L.*) en almácigo (Caicedo y Montoya, 2007) Además, se ha demostrado que la aplicación de silicato de calcio ($\text{Ca}_2\text{O}_4\text{Si}$) de manera foliar en lechugas favorece su crecimiento y desarrollo, según un estudio llevado a cabo en Brasil (Neves et al., 2020). En otro experimento en Brasil, la aplicación de Si vía suelo o foliar tuvo un impacto significativo en el Índice de intensidad del color de la clorofila, medido mediante herramienta SPAD de las hojas de fresa (*Fragaria L.*), el cual está relacionado con la cantidad de clorofila presente en la hoja (Silva et al., 2013).

Con los antecedentes expuestos anteriormente, el objetivo de esta investigación fue el de evaluar los efectos de distintas fuentes de silicio foliar en el desarrollo del banano en Ecuador. Además, se buscará comprender los mecanismos detrás de estos efectos y cómo pueden ser aplicados en la práctica agrícola para mejorar la producción de banano en Ecuador.

MATERIALES Y MÉTODOS

Área de estudio

El presente estudio se desarrolló en la Granja Experimental Santa Inés, perteneciente a la Facultad de Ciencias Agropecuarias de la Universidad Técnica de Machala, ubicada en la provincia de El Oro, Ecuador ($3^{\circ} 17' 22''$ S; $79^{\circ} 54' 43''$ W), durante el periodo comprendido entre junio de 2022 y enero de 2023. Según el Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología de Ecuador INAMHI (2021), la temperatura media anual en la zona es de 25.2°C , y la precipitación anual es de alrededor de 489 mm.

En el estudio, se seleccionó como material vegetativo el cultivar triploide Musa AAA, cv. "Williams" del subgrupo Cavendish ('Williams Cavendish'). Cada unidad experimental se dividió en parcelas de tres metros de ancho por nueve metros de largo, las cuales incluyeron alrededor de 15 plantas.

Diseño experimental

El diseño experimental utilizado fue un diseño de bloques completos al azar (DBCA) con seis tratamientos y cuatro repeticiones, implementando un diseño factorial 6×4 , para un total de 24 unidades experimentales. Se consideró la fertilidad del suelo como un factor no controlado (FNC), al que se le aplicó un control local para minimizar su efecto como fuente de variación. Para establecer el diseño, se ubicaron los bloques de forma perpendicular al gradiente de variabilidad de la zona. Luego, se dividieron los bloques en función del número de tratamientos y se asignaron aleatoriamente los tratamientos a las unidades experimentales (UE) de cada bloque, de forma independiente. Para el análisis de los datos obtenidos, se utilizó un modelo matemático lineal aditivo.

Los tratamientos consistieron la aplicación de tres dosis de ácido monosilícico ($\text{Si}(\text{OH})_4$), además de una fuente de Silicato de potasio (K_4SiO_4) y otra de Silicato de calcio ($\text{Ca}(\text{SiO}_4)_2$), todas en forma líquida diseñadas para aplicación foliar. Las dosis de $\text{Si}(\text{OH})_4$ evaluadas fueron: 250; 500 y $750 \text{ cm}^3 \text{ ha}^{-1}$ y las fuentes de $\text{Ca}(\text{SiO}_4)_2$ y K_4SiO_4 a dosis de $1000 \text{ cm}^3 \text{ ha}^{-1}$ aplicados a una frecuencia mensual. Posteriormente, se seleccionaron de tres a cinco unidades muestrales (UM) por UE. Se seleccionó el material vegetal que

cumpliera con las siguientes características: una lámina foliar de 10 cm de ancho (F10) en su primera hoja considerada como funcional (Soto, 2014).

Variables evaluadas

Los tratamientos se aplicaron mediante un vehículo aéreo no tripulado (VANT-Dron) de fumigación agrícola. Además, se llevó a cabo la planificación nutricional anual del entorno experimental, que consistió en una fertilización edáfica y foliar homogénea en toda la zona experimental, independientemente de los tratamientos aplicados. En el ensayo establecido se implementaron todas las prácticas agronómicas necesarias para el cultivo, tales como deshoje, control de malezas, apuntalamiento, deshoje fitosanitario, riego y limpieza de canales de drenaje, siguiendo las recomendaciones de Galán Saúco et al. (2012).

Muestreo de raíces

Para obtener una muestra representativa, se extrajeron las raíces de cinco plantas (submuestras). Estas plantas fueron seleccionadas al azar en toda la plantación y en un estado de reciente emisión de inflorescencia. Una vez seleccionadas, se procedió a cavar un hoyo rectangular de 30 cm de largo, 15 cm de ancho y 30 cm de profundidad cerca de la base del pseudotallo. Todas las raíces del hoyo y de las cinco plantas de la muestra (ya sea que estén dañadas o sanas) se recogieron y se colocaron en una bolsa plástica. Cabe destacar que no se deben incluir las raíces que se hayan desarrollado fuera de la superficie del suelo. Para identificar la muestra, se incluyó los siguientes datos: número de muestra y lote, nombre de la hacienda y fecha de muestreo. En caso de que las muestras no puedan ser enviadas al laboratorio en el mismo día del muestreo, se pueden guardar en refrigeración o en un lugar fresco por un máximo de dos días (INIAP, 1995).

Intensidad del color de la clorofila (SPAD)

Las medidas del índice de intensidad del color de la clorofila se llevaron a cabo utilizando el equipo Konica Minolta El SPAD-502 Plus que mide la intensidad del verdor en la hoja en el rango de longitud de onda de 650 a 940 nm.(Cunha et al., 2015). La muestra foliar se tomó en la mitad central de una faja de 10 cm de la tercera hoja, a ambos lados de la nervadura central, tomada en la mitad de la hoja contada de arriba hacia abajo, siguiendo las recomendaciones de Calderón Sáenz y Olarte Mantilla, (2002).

Tabla 1. Descripción y abreviatura de variables evaluadas en la etapa de emergencia de inflorescencia de las unidades muestréales.

Variables	Abreviatura
Número de hojas	NH
Altura de planta	AP
Diámetro pseudotallo	DP
Porcentaje de raíces vivas	PRV
Porcentaje de raíces ahogadas	PRA
Porcentaje de raíces muertas	PRM
Masa total de raíces	MTR
Soil Plant Analysis Development	SPAD

Para evaluar el NH, se identificó la primera hoja F10 y se inició el conteo semanal de hojas basándose en el grado de crecimiento de la hoja bandera. El AP se midió con un flexómetro y el DP con una cinta métrica. El AP se midió desde el inicio del corno hasta la bifurcación formada entre la primera y la segunda hoja. Para medir el DP, se eliminaron todas las partes secas del material vegetal, para luego medir el diámetro de la base del pseudotallo. Estos procesos de medición finalizaron cuando apareció la inflorescencia del material vegetal.

Procedimiento estadístico

El procedimiento estadístico utilizado fue un análisis de varianza (ANOVA) factorial intergrupos, el cual verificó si el modelo fue aditivo y si hubo significancia estadística. El nivel de significancia ($p < 0,05$) fue implementado para todos los test estadísticos. Se verificó si las variables cumplieron los supuestos de normalidad de datos, mediante el test de Shapiro-Wilk y de homogeneidad de varianzas, mediante el test de Levene. Se aplicaron pruebas de rangos múltiples post hoc de Tuckey como método de separación de medias para las comparaciones múltiples entre los grupos estudiados. Se realizaron pruebas no paramétricas mediante el test de Kruskal-Wallis en aquellas variables que no cumplieron los supuestos del modelo.

RESULTADOS Y DISCUSIONES

De acuerdo con los resultados obtenidos de la variable AP, se observaron diferencias estadísticas significativas entre los tratamientos. El tratamiento T6 (silicato de calcio) presentó la mayor significancia, mientras que el tratamiento T2 (silicio - 250 cc) mostró la menor significancia. Estos resultados coinciden con lo afirmado por Korndörfer y Datnoff (2004), quienes sostienen que el Si tiene un efecto promotor en el crecimiento de algunas plantas. Así mismo otra investigación realizada en la granja experimental Botana de la Universidad de Nariño, muestra que con la aplicación de 0,025 ml/l de Si en condiciones hidropónicas, se obtuvo una mayor altura de planta de maíz (*Zea mays L.*) (González M. et al., 2015). Además, en las instalaciones del vivero forestal de la Facultad de Ciencias Forestales de la Universidad Autónoma de Nuevo León, demostraron que el dióxido de Si (SiO_2) tiene un efecto positivo sobre el crecimiento y calidad de las plantas de chile piquín (*Capsicum annuum L. var. Glabriusculum*) (Villalón Mendoza et al., 2018), (Tabla 2).

En tanto, los resultados obtenidos de la variable DP indicaron que los tratamientos T2, T4 y T6 tuvieron una mayor significancia, siendo el tratamiento T6 el que presentó el diámetro más alto, mientras que el tratamiento T1 mostró la menor significancia estadística. Esta tendencia podría explicarse debido a que el Si promueve el crecimiento y la calidad nutricional de las plantas, como lo señaló Olle (2019), en los cultivos de la lechuga. Además, en un estudio realizado por Caraveo et al. (2016) en caña de azúcar (*Saccharum officinarum*) se encontró que las plantas tratadas con Si presentaron tallos con mayor diámetro. Por otra parte, otro estudio realizado en cultivo de pimiento (*Capsicum annuum L.*) en un invernadero de la finca experimental “La María” mostró que estadísticamente, la aplicación de Si no influyó en el diámetro del tallo (Cantos., 2022), (Tabla 2).

Los resultados obtenidos de la variable NH indicaron una mayor significancia en el T6, durante la etapa de crecimiento. Por otro lado, el T1 presentó el menor promedio. Estos resultados confirman las cualidades del Si en el desarrollo y rendimiento de algunas especies, tal como lo señala Corzo (2013), en su estudio de fertilización con Si en palmas aceiteras, en el cual se observó un aumento en el número de hojas verdes y un mayor crecimiento a lo largo del año. Así mismo, Nada (2020) manifiesta que, en cultivo de fresa, la aplicación de silicato de potasio a 0.6 g L^{-1} vía foliar aumentó significativamente el número de hojas. Resultados que difieren con lo reportado por Hernández Valencia et

al., (2022) en el cultivo de fresa, quienes reportaron que con respecto a las concentraciones de Si aplicadas en las fuentes de fertilización, para la variable de número de hojas, genera la misma respuesta que sin la adición de Si, al no detectar diferencias significativas. (Tabla 2).

Las variables AP, DP y NH si mostraron significancia ($p < 0,05$) lo cual indica que el ensayo se considera estadísticamente significativo. Esto representa la probabilidad de rechazar la hipótesis nula cuando es verdadera.

Tabla 2. Variables de desarrollo del cultivo de banano en un experimento con dosis crecientes de Si foliar. Provincia de El Oro, Ecuador.

Tratamientos	AP (m)	DP (cm)	NH
T1	2,45 ^{ab}	75,71 ^b	14, 83 ^b
T2	2,17 ^b	91, 68 ^a	16,86 ^{ab}
T3	2,56 ^{ab}	85,61 ^{ab}	16,18 ^{ab}
T4	2,49 ^{ab}	90, 78 ^a	17,25 ^{ab}
T5	2,58 ^{ab}	90,24 ^{ab}	17,23 ^{ab}
T6	2, 85 ^a	94, 23 ^a	18,08 ^a
Prueba F	0,01 ^{**}	0,01 ^{**}	0,04 ^{**}
CV (%)	33,39 %	27.25 %	61,62 %

^{**}significancia al 5% de probabilidad ($p < 0,05$); ns= no hay significancia debido a la variabilidad de datos prueba F; CV (%) = coeficiente de variación; a, b, c, demuestra diferencia significativa entre los grupos por medio de pruebas post hoc de Tukey. Valores promedio de altura de planta (AP), diámetro de pseudotallo (DP), número de hojas (NH), durante la última etapa de crecimiento del cultivo de banano bajo el efecto de los siguientes tratamientos: T1 (Sin nutrientes), T2 (Silicio – 250 cc), T3 (Silicio – 500 cc), T4 (Silicio – 750 cc), T5 (silicato de potasio), T6 (silicato de calcio).

Según los resultados del análisis estadístico, no se encontraron efectos directos del efecto del Si, sobre la salud de las raíces, en el ensayo establecido, lo que contrasta en un experimento de invernadero llevado a cabo por Freitas De Souza et al. (2015) quienes mostraron que las dosis más altas de silicato de calcio y magnesio favorecieron un mayor crecimiento de la planta, incluyendo el crecimiento de las raíces. Por otro lado, Caicedo

y Montoya, (2007) evaluó la respuesta de plántulas de café en almácigo a diferentes dosis de Si y encontró una tendencia positiva en el crecimiento de las raíces.

Tabla 3. Variables de la salud del sistema radical del cultivo de banano en un experimento con dosis crecientes de Si foliar. Provincia de El Oro, Ecuador.

Tratamientos	%RV	%RM	MTR
T1	57,11 ^{ns}	41,42 ^{ns}	46,71 ^{ns}
T2	58,44 ^{ns}	38,21 ^{ns}	31,25 ^{ns}
T3	77,20 ^{ns}	19,44 ^{ns}	35,73 ^{ns}
T4	62,37 ^{ns}	37,63 ^{ns}	38,33 ^{ns}
T5	52,49 ^{ns}	47,51 ^{ns}	35,29 ^{ns}
T6	56,61 ^{ns}	42,58 ^{ns}	34,08 ^{ns}
Prueba F	1,00 ^{ns}	1,27 ^{ns}	0,25 ^{ns}
CV (%)	28,72 %	47,74 %	51,03 %

**significancia al 5% de probabilidad; ns= no hay significancia por la prueba F; CV (%) = coeficiente de variación por medio de pruebas post hoc de Tukey.

En la figura 1, se demostró que el tratamiento T6 (Silicato de calcio) tuvo un mayor impacto en los valores de lectura SPAD en comparación con el resto de tratamientos, mientras que el T2 (Silicio 250 cc) presentó el menor valor. Estos resultados son consistentes con el estudio de Silva (2013), quien demostró que la aplicación de Si vía suelo o foliar tuvo un efecto significativo en los valores de lectura SPAD en hojas de fresa cultivadas en invernadero. Sin embargo, los hallazgos de Freitas et al. (2011) difieren, ya que encontraron que la aplicación de cantidades crecientes de Si en cultivo de maíz no aumenta el índice SPAD en la hoja. Además, en otro estudio llevado a cabo por Barbosa De Freitas et al. (2013), demostraron que el índice SPAD de las hojas de las plantas de arroz tampoco mostraron significancia estadística.

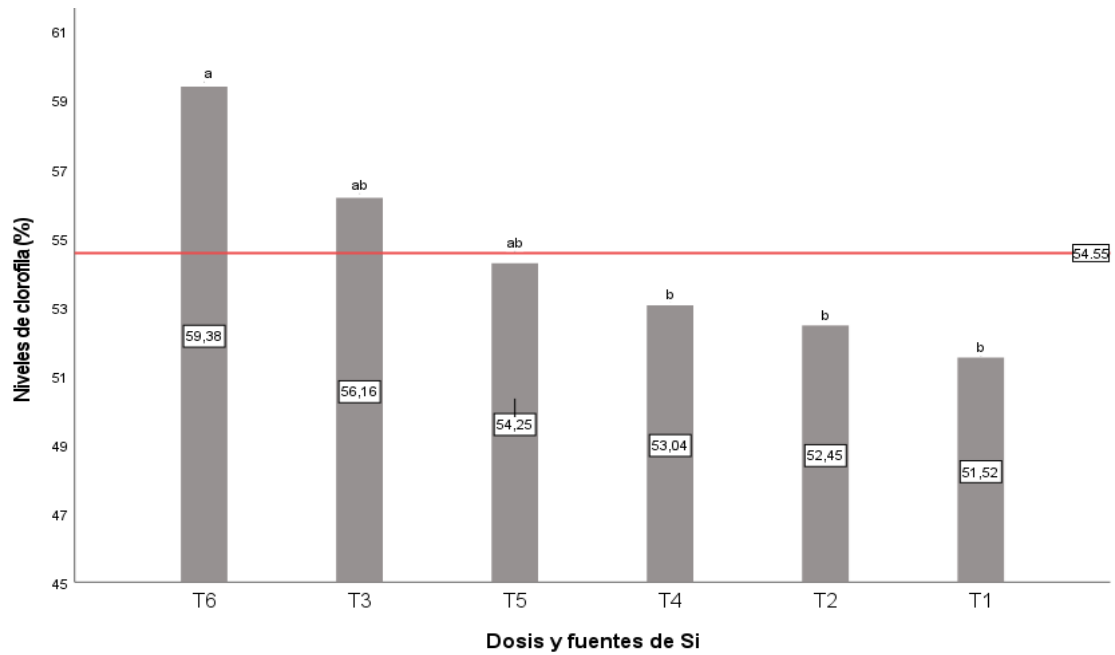


Figura 1. Niveles de clorofila evaluados durante la etapa de parición del cultivo de banano bajo el efecto de los siguientes tratamientos: T1 (Sin nutrientes), T2 (Silicio – 250 cc), T3 (Silicio – 500 cc), T4 (Silicio – 750 cc), T5 (silicato de potasio), T6 (silicato de calcio), a y b demuestra la diferencia significativa entre los grupos por medio de pruebas post-hoc de Tukey.

CONCLUSIONES

Los resultados de este estudio indican que las diferentes dosis de Si presentaron diferencias en el desarrollo del cultivo de banano. Mientras que la aplicación de silicato de calcio tuvo un efecto significativo en diferentes variables relacionadas con el crecimiento y desarrollo de las plantas, como el diámetro del tallo, altura de planta y el número de hojas. Sin embargo, no se observaron efectos significativos del Si en la salud de las raíces en el ensayo establecido. Además, los valores de SPAD mostraron que el tratamiento T6 tuvo el mayor impacto, lo que sugiere que la aplicación de silicato de calcio también puede tener un efecto positivo en la fotosíntesis y la producción de clorofila en las plantas. Es importante seguir investigando los efectos del Si en diferentes cultivos y condiciones de crecimiento, para poder entender mejor su mecanismo de acción y potencial uso en la agricultura.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Argenta, G.; Silva, P.R.F.; Bortolini, C.G.; Forsthofer, E.L.; Strieder, M.L. 2001. Relação da leitura do clorofilômetro com os teores de clorofila extraível e de nitrogênio na folha de milho. *Revista Brasileira de Fisiologia Vegetal*, 13(2): 158-167.

Arias, P., Dankers, C., Liu, P., y Pilkauskas, P. (2003). Service des matières premières et des produits tropicaux et horticoles (ESCR) Division des produits et du commerce international L'économie mondiale de la banane 1985-2002 Document élaboré par. <http://www.fao.org>

(Barbosa De Freitas et al., 2013)

Barbosa De Freitas, L., Fernandes, D. M., Suelen, E., y Mendonça, C. (2013). Índice de clorofila em plantas de arroz de terras altas submetidas a estresse por alumínio e aplicação de silício. Unesp.br.

<https://repositorio.unesp.br/bitstream/handle/11449/137618/ISSN2316-1809-2013-02-02-229-241.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Caicedo, L. M., y Montoya, C. W. (2007). Efecto de la aplicación de dosis de silicio sobre el desarrollo en almacigo de plántulas de café variedad Colombia. *Biblat*. <https://biblat.unam.mx/es/revista/agronomia-manizales/articulo/efecto-de-la-aplicacion-de-dosis-de-silicio-sobre-el-desarrollo-en-almacigo-de-plantulas-de-cafe-variedad-colombia> Matichenkov, V. V. y Calvert, D. V. Silicon as a beneficial element for sugar cane. *Journal American Society of Sugarcane Technologists*, vol. 22, no. 2, 2002, pp. 21–30, ISSN 1075-6302.

Calderón Sáenz, F., y Olarte Mantilla, S. M. (2002, julio). *Plant Analysis Methods*. Drcalderonlabs.com.

http://www.drcalderonlabs.com/Metodos/Analisis_Foliar/MetodosdeMuestreo/MetodosMuestreoFoliar.htm

Cantos., V. P. (2022). Efecto del silicio sobre el desarrollo y rendimiento en el cultivo pimiento (*Capsicum annuum* L) bajo condiciones controladas. Universidad Técnica Estatal de Quevedo.

Caraveo, F., Cerdà Subirachs, J. M., Brossa, R., y Pérez, y. R. H. (2016). Incremento del potencial productivo en caña de azúcar por aplicaciones de una nueva fuente de silicio biodisponible (Armurox). Atacori.co.cr.

https://www.atacori.co.cr/biblioteca/1.BIOIBERICA.ARTICULO_PARA_EVENTO_A_TALAC_ARMUROX_2016.pdf

Corzo, M. 2013. Experiencias experimentales del uso del Silicio como sustituto de fertilizantes en el cultivo de Palma de Aceite. Memorias 1er Simposio Internacional Beneficios del Silicio en la Agricultura 2013. Ibagué, Tolima, Colombia. pp. 6-17.

Cunha, A. R. da, Katz, I., Sousa, A. de P., yMartinez Uribe, R. A. (2015). Índice SPAD en el crecimiento y desarrollo de plantas de *lisianthus* en función de diferentes dosis de nitrógeno en ambiente protegido. *Idesia* (Arica), 33(2), 97–105. <https://doi.org/10.4067/S0718-34292015000200012>

Currie, H. A., y Perry, C. C. (2007). Silica in plants: biological, biochemical and chemical studies. *Annals of Botany*, 100(7), 1383–1389. <https://doi.org/10.1093/aob/mcm247>

David, E., y Villarruel, H. (2016). Efecto de fuentes de fertilización química y orgánica en el cultivo de banano (*musa acuminata* aaa) con y sin remoción del suelo. Quinindé, Esmeraldas [Universidad Central Del Ecuador].

<http://www.dspace.uce.edu.ec/bitstream/25000/8189/1/T-UCE-0004-47.pdf>

- Fauteux, F., Chain, F., Belzile, F., Menzies, J. G., y Bélanger, R. R. (2006). The protective role of silicon in the Arabidopsis –powdery mildew pathosystem. Proceedings of the National Academy of Sciences, 103(46), 17554-17559. <https://doi.org/10.1073/pnas.0606330103>
- Fauteux, F., RÃ©mus-Borel, W., Menzies, J. G., y BÃ©langer, R. R. (2005). Silicon and plant disease resistance against pathogenic fungi. FEMS Microbiology Letters, 249(1), 1-6. <https://doi.org/10.1016/j.femsle.2005.06.034>
- Fratoni MMJ, Moreira A, Moraes LAC, Almeida LHC, Pereira JCR (2017) Effect of nitrogen and potassium fertilization on banana plants cultivated in the humid tropical Amazon. Communications in Soil Sciences and Plant Analysis 48:1511–1519.
- Freitas, L.B.; Coelho, E.M.; Maia, S.C.M.; Silva, T.R.B. Adubação foliar com silício na cultura do milho. Revista Ceres, Viçosa, v.58, n.2, p.262-267, 2011.
- Freitas De Souza, J. P., Luís, G., Martins, M., Pereira, A. C., Ferreira Da, F., Binotti, S., y Maruyama, W. I. (2015). Efeito de silicato de cálcio e magnésio no crescimento inicial de milho transgnico. En Revista de Agricultura Neotropical (Número 2).
- Galán Saco, V., Robinson, J. C., Tomer, E., y Daniells, J. W. (2010, August). Current situation and challenges of cultivating banana and other tropical fruits in the subtropics. In VI International Symposium on Banana: XXVIII International Horticultural Congress on Science and Horticulture for People 928 (pp. 19-30). <https://doi.org/10.17660/ActaHortic.2012.928.1>
- Godoy, L.J.G.; Villas Bôas, R.L.; Bll, L.T. 2003. Utilização da medida do clorofilômetro no manejo da adubação nitrogenada em plantas de pimentão. Revista Brasileira de Ciência do Solo, 27(6): 1049-1056.

- González M., E., Ceballos M, J., y Benavides B., O. (2015). Producción de forraje verde hidropónico de maíz *Zea mays*. L. en invernadero con diferentes niveles de silicio. *Revista de ciencias agrícolas*, 32(1), 75. <https://doi.org/10.22267/rcia.153201.26>
- Guimarães, T.G.; Fontes, P.C.R.; Pereira, P.R.G.; Alvarez, V.V.H.; Monnerat, P.H. 1999. Teores de clorofila determinados por medidor portátil e sua relação com formas de nitrogênio em folhas de tomateiro cultivado em dois tipos de solo. *Bragantia*, 58(1): 209-216.
- Hernández Valencia, R. D., Juárez Maldonado, A., Pérez Hernández, A., Lozano Cavazos, C.J., Zermeño González, A., y González Fuentes, J. A. (2022). Influence of organic fertilizers and silicon on the physiology, yield, and nutraceutical quality of the strawberry crop. *Nova scientia*, 14(28). <https://doi.org/10.21640/ns.v14i28.3032>
- Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología. (2021). INAMHI. <https://www.inamhi.gob.ec/>
- INIAP (1995). Muestreo de raíces de banano para análisis nematológico. <https://repositorio.iniap.gob.ec/bitstream/41000/2002/1/iniaplspld152>
- Matichenkov, Vladimir. (2004). "Silicon in Food". [On line]. Agriculture and Environment. International Conference and Exhibition. (2-5 August 2004). Pushchino, Russia. Available from <Http://www.sifertilizer.com>
- Minolta Camera Co. 1989. Manual for chlorophyll meter SPAD-502. Minolta Camera Co., Ltd., Japan. 22 pp.
- Nada, M. (2020). Effect of Foliar Application with Potassium Silicate and Glycine Betaine on Growth and Early Yield Quality of Strawberry Plants. *Journal of Plant Production*, 11(12), 1295-1302. <https://dx.doi.org/10.21608/jpp.2020.149800>

- Neves, M. G., da Silva Júnior, M. L., de Oliveira Neto, C. F., Okumura, R. S., Albuquerque, G. D. P., yde Souza Santiago, T. (2020). Growth, yield and post-harvest evaluation of lettuce plants subjected to different leaf silicon concentrations. *Revista de Agricultura Neotropical*. <https://periodicosonline.uems.br/index.php/agrineo/article/view/4448/3793>
- Olle, M. (2019). Short communication: The effect of silicon on the organically grown leaf lettuce growth and quality. *Agraarteadus*, 30(2), 99-102. <https://doi.org/10.15159/jas.19.08>
- Organización de las Naciones Unidas para la alimentación y la agricultura (FAO). (2021). Cultivos y productos de Ganadería. FAOSTAT. <https://www.fao.org/faostat/es/#data/QCL>
- Oswaldo Andrés Borda, Fredy Humberto Barón, y Manuel Iván Gómez. (2007). El silicio como elemento benéfico en avena forrajera (*Avena sativa* L.): respuestas fisiológicas de crecimiento y manejo.
- Ratke, R. F., Santos, S. C., Pereira, H. S., Souza, E. D. de, & Carneiro, M. A. C. (2012). Desenvolvimento e produção de bananeiras Thap Maeo e Prata-Anã com diferentes níveis de adubação nitrogenada e potássica. *Revista brasileira de fruticultura*, 34(1), 277–288. <https://doi.org/10.1590/s0100-29452012000100037>
- Salazar, D., y César Muñoz, J. (2022). Encuesta de Superficie y Producción Agropecuaria Continua (ESPAC).
- Savvas, D., y Ntatsi, G. (2015). Biostimulant activity of silicon in horticulture. *Scientia Horticulturae*, 196, 66-81. <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2015.09.010>
- Silva, M. L. S., Resende, J. T. V. de, Trevizam, A. R., Figueiredo, A. S. T., y Schwarz, K. (2013). Influência do silício na produção e na qualidade de frutos do morangueiro.

Semina: Ciências Agrárias, 34(6Supl1), 3411. <https://doi.org/10.5433/1679-0359.2013v34n6Supl1p3411>

Silveira, P.M.; Braz, A.J.B.P.; Didonet, A.D. 2003. Uso do clorofilômetro como indicador da necessidade de adubação nitrogenada em cobertura no feijoeiro. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, 38(9): 1083-1087.

Soto Ballester, M. (2014). *Bananas conceptos básicos 1* (No. F01/7273). Editorial Tecnológica.

Villalón Mendoza, H., Castillo-Villarreal, M. A., Garza-Ocañas, F., Guevara-González, J. A., y Sánchez-Castillo, L. (2018). Dióxido de silicio como estimulante del índice de calidad de plantas de chile piquín (*Capsicum annum* L. var. *glabriusculum*) producidas en vivero. *Revista mexicana de ciencias forestales*, 9(50). <https://doi.org/10.29298/rmcf.v9i50.247>