UTMACH

FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS

CARRERA DE AGRONOMÍA

Evaluación de diferentes fuentes de silicio foliar sobre la severidad de la sigatoka negra y poblaciones de nematodos fitopatógenos en banano (Musa AAA)

RAMOS RAMOS WAGNER ALEXANDER
INGENIERO AGRONOMO

MACHALA
2022

UTMACH

FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS

CARRERA DE AGRONOMÍA

Evaluación de diferentes fuentes de silicio foliar sobre la severidad de la sigatoka negra y poblaciones de nematodos fitopatógenos en banano (Musa AAA)

RAMOS RAMOS WAGNER ALEXANDER
INGENIERO AGRONOMO

MACHALA
2022

UTMACH

FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS

CARRERA DE AGRONOMÍA

ENSAYOS O ARTÍCULOS ACADÉMICOS

Evaluación de diferentes fuentes de silicio foliar sobre la severidad de la sigatoka negra y poblaciones de nematodos fitopatógenos en banano (Musa AAA)

RAMOS RAMOS WAGNER ALEXANDER
INGENIERO AGRONOMO

JARAMILLO AGUILAR EDWIN EDISON

MACHALA
2022

Brazilian Journal of Animal and Environmental Research

CARTA DE ACEPTACIÓN

La Brazilian Journal of Animal and Environmental Research, ISSN 2595-573X, editada por Brazilian Journals Publicações de Periódicos e Editora Ltda. (CNPJ 32.432.868 / 0001-57), declara que el artículo "**Evaluación de diferentes fuentes de silicio foliar sobre la severidad de Sigatoka negra y poblaciones de Nematodos fitopatógenos en banano (Musa AAA)"** de Wagner Alexander Ramos Ramos fueron aceptada para su publicación.

Como expresión de la verdad, firmamos esta declaración.

São José dos Pinhais, 6 de março de 2023.

Prof. Dra. Dariane Cristina Catapan
Editor en jefe

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

El que suscribe, RAMOS RAMOS WAGNER ALEXANDER, en calidad de autor del siguiente trabajo escrito titulado Evaluación de diferentes fuentes de silicio foliar sobre la severidad de la sigatoka negra y poblaciones de nematodos fitopatógenos en banano (Musa AAA), otorga 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 tiene potestad para otorgar los derechos contenidos en esta licencia.

El autor declara que el contenido que se publicará es de carácter académico y se enmarca en las dispociones 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.

El autor como garante de la autoría de la obra y en relación a la misma, declara que la universidad se encuentra libre de todo tipo de responsabilidad sobre el contenido de la obra y que asume 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.

RAMOS RAMOS WAGNER ALEXANDER

0705155661

Brazilian Journal of Animal and Environmental Research

Evaluación de diferentes fuentes de silicio foliar sobre la severidad de Sigatoka negra y poblaciones de Nematodos fitopatógenos en banano (Musa AAA).

Evaluation of different sources of foliar silicon on the severity of Black Sigatoka and populations of plant pathogenic Nematodes in bananas (Musa AAA).

Wagner Alexander Ramos Ramos
Estudiante de Agronomía por la Universidad Técnica de Machala, Ecuador
Universidad Tecnica de Machala ,Facultad de Ciencias Agropecuarias
Av. Panamericana km 5 1/2 Vía a Pasaje,Ecuador
Correo electrónico: wramos1@utmchala.edu.ec

Edwin Edison Jaramillo Aguilar
Magister Scientiae en Fitopatología por la Universidad Nacional Agraria La Molina, Perú
Universidad Técnica de Machala, Facultad de Ciencias Agropecuarias, Ecuador
Semillero de investigación en Fitotecnia - SINFIT
Av. Panamericana km 5 1/2 Vía a Pasaje
Machala – El Oro, Ecuador
Correo electrónico: ejaramillo@utmchala.edu.ec

Diego Ricardo Villaseñor Ortiz
Doctor en Ciencias del Suelo por la Universidad Estatal de São Paulo, Brasil.
Universidad Técnica de Machala, Facultad de Ciencias Agropecuarias, Ecuador
Semillero de investigación en Fitotecnia - SINFIT
Av. Panamericana km 5 1/2 Vía a Pasaje
Machala – El Oro, Ecuador
Correo electrónico: dvillasenor@utmachala.edu.ec

RESUMEN

La presente investigación evaluó los efectos de diferentes fuentes de silicio foliar en campo con el cultivar de banano "Williams" del subgrupo Cavendish (*Musa* AAA) , se establecieron seis tratamientos T1 Control o testigo, T2 Ácido Ortosilísico 250 (cm^3 ha^{-1}), T3 Ácido Ortosilísico 500 (cm^3 ha^{-1}), T4 Ácido Ortosilísico 750 (cm^3 ha^{-1}), T5 Silicato de Potasio 1000(cm^3 ha^{-1}) y T6 Silicato de Calcio 1000 (cm^3 ha^{-1}); y fueron evaluadas en tres etapas de interés agronómico las cuales fueron: Plantas jóvenes con más de tres metros de altura, plantas en emisión de su inflorescencia y plantas próximas a cosecha. Para la enfermedad sigatoka negra se usó el método del preaviso biológico y la severidad del avance de la enfermedad y para los nematodos fitopatógenos la cantidad de raíces vivas y la población total de los nematodos. Los resultados obtenidos indican que la severidad de sigatoka mostro una disminución de forma general, en los tratamientos T5 Silicato de Potasio 1000(cm^3 ha^{-1}) y T6 Silicato de Calcio 1000 (cm^3 ha^{-1}), aunque el T3 en plantas próximas a cosecha tuvo un rendimiento destacable al disminuir la severidad de sigatoka negra. Los resultados obtenidos para nematodos indicarían potencialmente una tolerancia, pero se necesita profundizar en este aspecto.

Palabras-clave: Estrés biótico, Sigatoka negra, Silicio, Nematodos

ABSTRACT

The present investigation evaluated the effects of different sources of foliar silicon in the field with the banana cultivar "Williams" of the Cavendish subgroup (Musa AAA), six treatments were established T1 Control or control, T2 Orthosilisic Acid 250 (cm^3 ha^{-1}), T3 Orthosilisic Acid 500 (cm^3 ha^{-1}), T4 Orthosilisic Acid 750 (cm^3 ha^{-1}), T5 Potassium Silicate 1000 (cm^3 ha^{-1}) and T6 Calcium Silicate 1000 (cm^3 ha^{-1}); and they were evaluated in three stages of agronomic interest which were: Young plants with more than three meters in height, plants in emission of their inflorescence and plants close to harvest. For the black sigatoka disease, the biological warning method and the severity of the disease progression were used, and for the phytopathogenic nematodes, the number of live roots and the total population of the nematodes. The results obtained indicate that the severity of sigatoka showed a decrease in a general way, in the treatments T5 Potassium Silicate 1000 (cm^3 ha^{-1}) and T6 Calcium Silicate 1000(cm^3 ha^{-1}), although T3 in plants close to crop had a remarkable performance by reducing the severity of black sigatoka. The results obtained for nematodes would potentially indicate a tolerance, but it is necessary to deepen this aspect.

Keywords: Biotic Stress, Black sigatoka, Nematodes, Silicon, Nematodes

1 INTRODUCCIÓN

El banano representa uno de los principales cultivos comercializados en el mundo y para el Ecuador es el producto agrícola de mayor exportación, ocupándose aproximadamente 164 mil ha para su producción (FAO, 2021). La mayor zona productora del país , se encuentra en la región costa, en específico en las provincias de Los Ríos con 33,9 %, Guayas con 27,61 % y El Oro con 25,14 % de la superficie cultivada, a nivel nacional durante el año 2021 se produjeron 6,7 millones de toneladas métricas , donde el 61 % se dirigió al mercado nacional y el 39% para el mercado internacional (INEC, 2022).

La Sigatoka negra (SN) causada por el hongo *Mycosphaerella fijiensis* Morelet, junto con los nematodos, en específico los géneros: *Radopholus. similis* , *Helicotylenchus spp, Pratylenchus spp, Meloidogyne spp*, son los principales factores bióticos que limitan la producción en banano (Araya & Moens, 2003). En este sentido, (SN) causa la disminución del área foliar, reduciendo la capacidad fotosintética por la infección del hongo, induciendo a una madurez prematura del racimo. Mientras que las plantas infectadas por nematodos presentan lesiones en las raíces, le impiden soporte mecánico (anclaje), la absorción de agua y nutrientes, resultando en pérdida de peso del racimo y longevidad de la planta alargando los ciclos de producción (Araya & Moens, 2003) y una significativa pérdida de la productividad (Álvarez *et al*., 2013).

Estudios realizados sugieren que el silicio (Si) aumenta la capacidad de resistencia de las plantas al estrés biótico (Raya Pérez & Aguirre Mancilla, 2012 ; Etesami & Jeong,

2019).Como lo menciona Vasanthi et. al, (2014) el silicio no es considerado un elemento esencial, pero posee beneficios agronómicos demostrados en cereales, caña de azúcar, hortalizas y legumbres mejorando la resistencia a plagas reduciendo así el uso de agroquímicos para su control. La forma en la que la plantas absorben Si, es en la forma asimilable de ácido Ortosilícico (H_4SiO_4) del suelo y su transporte está mediado tanto por modos pasivos como activos (Lux et al., 2020). En las hojas, el (H_4SiO_4) se convierte en SiO_2 insoluble a través de la polimerización, que se deposita principalmente debajo de la cutícula de la hoja y en las paredes celulares, pero la acumulación de Si también puede ocurrir en las raíces (Mandlik et al., 2020).

Los efectos más significativos de la deposición del silicio se centran en la pared celular aumentando su fuerza, tolerancia a sequía , y actividad fotosintética (Yavaş & Ünay, 2017). Ensayos realizados en banano por Kablan et al. (2012) revelaron que el suministro de Si , podría aliviar la enfermedad de la sigatoka negra en plantas cultivadas de forma hidropónica y en macetas con compost como sustrato. Además, Según Yu et al. (2022) la aplicación de silicio activa varios mecanismos de defensa contra los nematodos. Uno de ellos es el mecanismo físico, donde el silicio se deposita debajo de la cutícula o refuerza la pared celular, lo que dificulta la entrada de los nematodos en las raíces. Otro mecanismo es el bioquímico, que implica la estimulación de enzimas relacionadas con la defensa, reduciendo así el daño. Finalmente, también se encuentra el mecanismo molecular, que modula los genes que mejoran la resistencia de las plantas a los nematodos.

El objetivo del presente estudio fue determinar si las diferentes fuentes de (Si) foliar tienen efecto sobre la severidad de (SN) y poblaciones de nematodos fitopatógenos en banano.

2 MATERIALES Y METODOS

Ubicación

El estudio se realizó con el cultivar de banano “Williams” del subgrupo Cavendish (*Musa* AAA) ejecutado entre los meses de octubre de 2022 a enero de 2023 en la granja experimental Santa Inés, perteneciente a la Universidad Técnica de Machala (Provincia

de El Oro) Ecuador (3°17′22" S, 79°54′43" O). Según la clasificación de Köppen-Geiger el clima de la zona experimental corresponde a una sábana tropical (AW).

Diseño Experimental

Se estableció un Diseño de Bloques Completamente al Azar (DBCA) con seis tratamientos y con cuatro repeticiones, en total 24 unidades experimentales, se consideró como factor no controlado (FNC) a la fertilidad del suelo , al que se le aplico un control local , ubicando los bloques de forma perpendicular al gradiente de variación.

Tabla 1. Tratamientos estudiados en el ensayo.

Tratamiento	Dosis / concentración (cm^3 ha^{-1})
T1	Control
T2	Ácido Ortosilísico 250
T3	Ácido Ortosilísico 500
T4	Ácido Ortosilícico 750
T5	Silicato de Potasio 1000
T6	Silicato de Calcio 1000

Manejo del Ensayo

El cultivo, tiene una edad de cinco años de establecido, cada unidad experimental consta de 16 plantas, distribuidas en los 18 metros de largo y 3 de ancho de la parcela. La aplicación de los tratamientos se la realizó por vía foliar, mensualmente, usando dron nebulizador agrícola (AGRAS T40 DJI). En toda el área experimental se realizaron labores de deshoje, apuntalamiento, fertilización, deshije y manejo químico de (SN).

Variables evaluadas

- ***Mycosphaerella fijiensis* Morelet**

Para estimar el grado de severidad de la enfermedad, se usó el método del estado evolutivo de sigatoka o preaviso biológico desarrollado por Ganry y Meyer (1972), adaptado luego por Ternesien (1985) y Fouré (1987) basándose en la presencia del síntoma más avanzado de los seis estadios de desarrollo de la enfermedad establecido por Fouré, (1985), el cual indica la intensidad de la infección en plantas con más de tres metros de altura "jóvenes", este método implica realizar cortes en los ápices de la tercera

y cuarta hoja registrando el estadio y el número de lesiones que se observen en el envés de estas hojas durante 14 semanas, tomando como referencia la Tabla 2.

Tabla 2. Escala de Estadios Fouré (1985) para sigatoka negra en Musa sp

Estadio	Descripción
1	Pequeñas decoloraciones menores de 1 mm de longitud de color blanco- amarillento, visibles solo en el envés de la hoja
2	Estrías de 2-3 mm de longitud y color café rojizo, visible en haz y envés
3	La estría aumenta su grosor y longitud, se mantiene de color café rojizo
4	Manchas ovales "quema" de color café en el envés y negro en el haz.
5	Manchas negras rodeadas de un halo amarillento y centro semihundido
6	Manchas con centro hundido de color blanco grisáceo

Por cada unidad experimental se evaluaron durante 14 semanas, plantas en tres etapas críticas en el ciclo del cultivo: plantas con más de tres metros de altura," jóvenes", plantas en emisión de su inflorescencia "prontas" y plantas con diez semanas de haber emitido su inflorescencia "próxima a cosecha".

Para las plantas "jóvenes" las variables medidas fueron: Hojas Totales (HT), Hoja Vieja Libre de Quema (HVLQ) y Hojas Viejas Libre de Estrías (HVLE). Para las plantas "próximas a cosecha" las variables medidas fueron: Hojas Totales (HT), Hoja Vieja Libre de Quema del 5 % (HVLQ 5 %), Hoja Vieja Libre de Quema (HVLQ) y Hojas Viejas Libre de Estrías (HVLE). La última etapa estudiada fueron las plantas con diez semanas de haber emitido su inflorescencia "próxima a cosecha" sus variables medidas fueron: (HT), hoja vieja libre de quema del 5 % (HVLQ 5 %), hoja vieja libre de quema (HVLQ).

- **Nematodos fitoparasitarios**

Se realizó un muestreo de raíces, en cada unidad experimental, para ello se seleccionaron plantas que estén emitiendo su inflorescencia y que tengan un hijo de sucesión de 1,50 a 2,0 m de altura y frente a este hijo se procedió a realizar un agujero a 15 cm de distancia de la base de la planta con las siguientes dimensiones: 30 cm largo x 15 cm ancho x 30 cm profundidad, equivalente a 13,5 cm^3. La técnica utilizada para el procesamiento de las muestras en laboratorio, fue licuado y tamizado recuperado en criba de 500 MESH, con este las variables analizadas fueron , la población total de nematodos

de los cuatros géneros *Radopholus, Helicotylenchus, Meloidogyne, Pratylenchus* por cada 100 g de raíz y Raíces Vivas (RV) expresadas en g/5 plantas en 10 dm^3 de suelo.

Procesamiento estadístico

- ***Mycosphaerella fijiensis* Morelet**

Las variables de Estado Evolutivo de la enfermedad para la tercera y cuarta hoja se representaron mediante el área bajo curva del progreso de la enfermedad (ABCPE), donde se realizaron observaciones durante 14 semanas, para ello se utilizó la siguiente ecuación:

$$\sum_{h=1}^{n_{h-1}} \left(\frac{Y_h + Y_{h+1}}{2}\right)(X_{h+1} - X_l)$$

Donde Y_h = gravedad de la enfermedad en la h-enésima observación, X_h = tiempo en la h-enésima observación, n_h = número de veces, y h= índice de orden de las veces. Se realizaron mediciones utilizó el software IBM SPSS Statistics 22, para generar el grafico descriptivo.

Las variables medidas para cada una de las etapas : "jóvenes" , "prontas" y "próximas a cosecha" se les realizó pruebas de normalidad , homogeneidad , aditividad y análisis de varianza (ANOVA). Para la comparación de medias se utilizó prueba de agrupamiento Duncan ($p<0,05$) en el programa estadístico AgroStat.

- **Nematodos fitoparasitarios**

La densidad poblacional de los cuatros géneros de nematodos, así como las Raíces Vivas y Muertas se analizaron con la prueba no paramétrica de Karikal-Wallis y la prueba de comparaciones múltiples ($p<0.05$), en programa estadístico Infostat.

RESULTADOS Y DISCUSION

Plantas con más de tres metros de altura," jóvenes"

Como se muestran en la figura 1, los datos obtenidos de la construcción del (ABCPE), indican que T5 y T6 mostraron menos severidad de la enfermedad en la tercera y cuarta hoja, el T1 en tercera y cuarta hoja mostró los valores más altos en comparación con los demás tratamientos exceptuando el T4 para hoja 4, representando así una diferencia significativa fitosanitaria, concordando con lo establecido por Kablan et al., (2012).

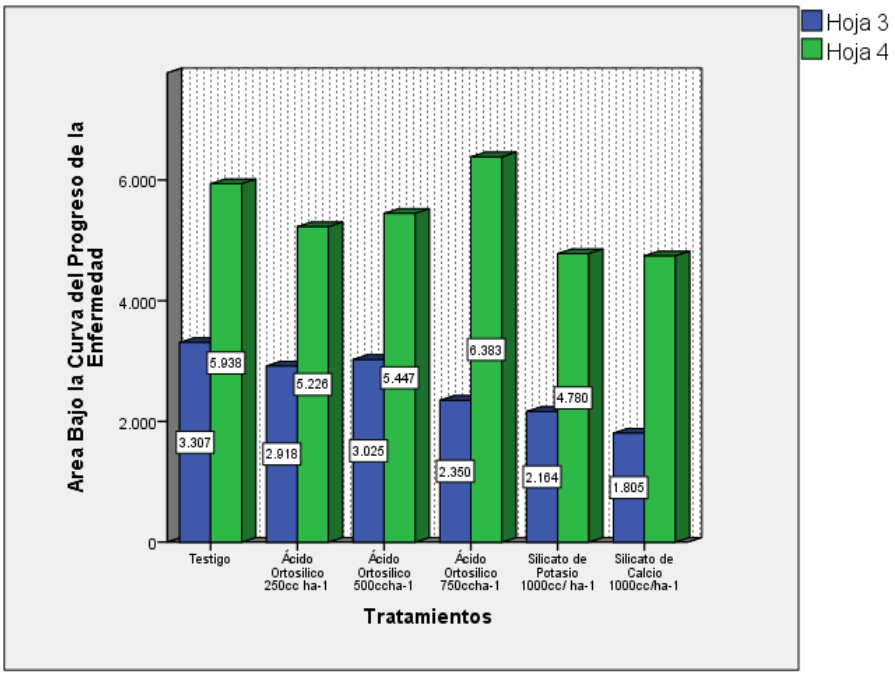

Figura 1. Área bajo la curva del progreso de la enfermedad Sigatoka Negra para tercera y cuarta hoja.

En la Tabla 3 se muestra los resultados estadísticos para las variables de plantas con más de tres metros, las cuales no mostraron significancia entre los tratamientos, pero si diferencias agronómicas en específico en la variable Hoja Vieja Libre de Quema donde las medias de todos los tratamientos que contienen silicio al igual que Gómez et al., (2006), donde obtuvieron un resultado similar en la disminución en la intensidad de la enfermedad de la marchitez por *Fusarium oxysporum* en tomatillo *Physalis ixocarpa Brot*.

Tabla 3. Análisis estadístico (ANOVA) para la Variables de plantas con más de tres metros de altura," jóvenes"

Tratamientos	Variables para plantas con más de tres metros de altura, "jóvenes"		
	Hoja Vieja Libre de Estrías	**Hoja Vieja Libre de Quema**	**Hojas Totales**
T1 Testigo	6,98	7,65	10,58
T2 Ácido Ortosilícico 250 cm^3 ha^{-1}	6,73	8,35	10,58
T3 Ácido Ortosilícico 500 cm^3ha^{-1}	7,25	8,33	10,10
T4 Ácido Ortosilícico 750 cm^3 ha^{-1}	6,85	8,53	10,53
T5 Silicato de Potasio 1000 cm^3 ha^{-1}	6,85	8,63	10,6
T6 Silicato de Calcio 1000cm^3ha^{-1}	7,13	8,65	10,63
Coeficiente de variación	*4,06 %*	*6,52 %*	*4,21 %*
Significancia Estadística	*1,91 NS*	*1,85 NS*	*0,89NS*

Medias con una letra común no son significativamente diferentes según Duncan (p>0,05). * * = Significativo al 1%. NS = No significativo.

Plantas en emisión de su inflorescencia "prontas"

En la tabla 4, se muestra el análisis estadístico para las variables asignadas a las plantas que se encuentran emitiendo su inflorescencia, donde Hoja Vieja de Estrías y Libre de Quema obtuvieron diferencias significativas, en ambas el T6 (Silicato de Calcio1000cm^{3}ha^{-1})se ubicó como el mejor tratamiento, seguido del T5 (Silicato de Potasio 1000 cm^3 ha^{-1}), Raid et al., (1992) también observaron este efecto en la severidad de la mancha anular *Leptosphaeria sacchari Breda de Han*, se redujo con la aplicación de silicato de calcio en caña de azúcar y aunque las variables Hoja Vieja Libre del 5% Quema y Hojas Totales no poseen significancia estadística, existió una diferencia entre los tratamientos con fuentes de silicio que obtuvieron mejores resultados con respecto al T1(testigo), exceptuando el T5 (Silicato de Potasio 1000 cm^{3}ha^{-1}) para Hojas Totales donde este tratamiento tiene una respuesta similar al T1(testigo o control).

Tabla 4. Análisis estadístico (ANOVA) para las variables de plantas emisión de su inflorescencia "prontas"

Tratamientos	Variables para plantas en emisión de su inflorescencia "prontas"			
	Hoja Vieja Libre de Estrías	**Hoja Vieja Libre de Quema**	**Hoja Vieja Libre del 5% Quema**	**Hojas Totales**
T1 Testigo	6,68 bc	7,15 c	8,68	10,43
T2 Ácido Ortosilícico 250 cm^3 ha^{-1}	6,55 c	8,08 ab	9,03	11.23
T3 Ácido Ortosilícico 500 cm^{3}ha^{-1}	6,68 bc	7,88 ab	9,28	11,32
T4 Ácido Ortosilícico 750 cm^3 ha^{-1}	6,63 bc	7,63 b	8,88	10,95
T5 Silicato de Potasio 1000 cm^3 ha^{-1}	7,10 ab	8,10 ab	9,10	10,53
T6 Silicato de Calcio 1000cm^{3}ha^{-1}	7,33 a	8,35 a	9,48	10,88
Coeficiente de variación	*4,74 %*	*3,84 %*	*4,24 %*	***5,77 %***
Significancia Estadística	*3,72**	*7,93***	*2,45NS*	*1,33NS*

Medias con una letra común no son significativamente diferentes según Duncan (p>0,05). *= Significativo al 5%. ** = Significativo al 1%.

Para plantas con diez semanas de haber emitido su inflorescencia "Próximas a cosecha"

En la etapa "próxima a cosecha", como se muestra en la Tabla 5, se encontraron diferencias significativas, en la variable de Hoja Vieja Libre del 5 % de Quema, el T3

(Ácido Ortosilícico 500cc ha^{-1}) tuvo el mejor desempeño al tener la ubicación de hoja más alta para ese parámetro, lo cual podría indicar que la aplicación de esta dosis para las plantas que se encuentran en esta etapa productiva con diez semanas sin emisión foliar dificulta el avance de la enfermedad, al tener menor área foliar necrosada. Para las demás variables no existió diferencia estadística.

Tabla 5. Análisis estadístico (ANOVA) para las variables de plantas con diez semanas de haber emitido su inflorescencia "Próximas a cosecha"

Tratamientos	Variables para plantas con diez semanas de haber emitido su inflorescencia "Próximas a cosecha"		
	Hoja Vieja Libre de Quema	**Hoja Vieja Libre del 5% Quema**	**Hojas Totales**
T1 Testigo	2,65	4,0 b	6,18
T2 Ácido Ortosilícico 250cc ha^{-1}	2,50	4,63 ab	6,73
T3 Ácido Ortosilícico 500ccha^{-1}	3,08	5,15 a	6,28
T4 Ácido Ortosilícico 750cc ha^{-1}	2,60	3,98 b	6,10
T5 Silicato de Potasio 1000cc/ ha^{-1}	2,98	4,75 ab	6,60
T6 Silicato de Calcio 1000cc/ha^{-1}	2,68	4,48 ab	6,48
Coeficiente de variación	*18,2 %*	*10,59 %*	*8,0 %*
Significancia Estadística(F)	*0,82NS*	*3,63**	0,94NS

Medias con una letra común no son significativamente diferentes según Duncan (p > 0,05). *= Significativo al 5%. ** = Significativo al 1%.

Variables para Nematodos Fitoparasitarios

Para las variables de nematodos, se empleó la prueba no paramétrica Kruskal-Wallis donde no se encontraron diferencias significativas entre la cantidad de raíces vivas, pero sí, en cuanto a la población total de nematodos fitoparasitarios, los tratamientos con mayor población de nematodos correspondieron al T4 (Ácido Ortosilícico 750 cm^3 ha^{-1}) y al T5 (Silicato de Potasio 1000 cm^3 ha^{-1}) , asumiendo que una mayor cantidad de nematodos , implica un mayor estrés biótico, la cantidad de raíces vivas, muestran que las plantas tendrían una mayor tolerancia , con respecto a los demás tratamientos.

Tabla 6. Análisis estadístico para las variables para plantas con diez semanas de haber emitido su inflorescencia "Próximas a cosecha"

Tratamientos	Variables para Nematodos Fitoparasitarios	
	Raíces Vivas	Población Total
T1 Testigo	38,75	10250 abc
T2 Ácido Ortosilícico 250 cm^3 ha^{-1}	45,75	10690 abc
T3 Ácido Ortosilícico 500 cm^3ha^{-1}	69	4102 a
T4 Ácido Ortosilícico 750 cm^3 ha^{-1}	50,25	13520 bc
T5 Silicato de Potasio 1000 cm^3 ha^{-1}	37,50	15850 c
T6 Silicato de Calcio 1000cm^3ha^{-1}	52,75	6000 ab
Significancia Estadística (H)	*1,0*	*10,97**

Los valores representan las muestras en cada unidad experimental. Prueba de Kruskal-Wallis (H). Letras diferentes en las columnas indican diferencias significativas entre cantidad de raíces vivas y población total de los géneros de nematodos con la prueba de comparaciones múltiples ($p<0.05$). Población Total por cada 100 g de raíz y Raíces Vivas (RV) expresadas en g/5 plantas en 10 dm^3 de suelo.

CONCLUSIONES

Los resultados obtenidos en el presente trabajo indican que los tratamientos con (Si) presentaron una disminución del Estado evolutivo (ABCPE) de la sigatoka negra con respecto al T1 (Testigo), en especial el T5 (Silicato de Potasio 1000 cm^3 ha^{-1}) y T6 (Silicato de Calcio 1000cm^3ha^{-1}).

Para las plantas con más de tres metros de altura" jóvenes", plantas con emisión de su inflorescencia "prontas", y plantas con diez semanas de haber emitido su inflorescencia "Próximas a cosecha", las variables evaluados a manera general tuvieron un mejor comportamiento los tratamientos T5 (Silicato de Potasio 1000 cm^3 ha^{-1}) , T6 (Silicato de Calcio 1000cm^3ha^{-1}) y T3 (Ácido Ortosilícico 500 cm^3ha^{-1}), este último tendría un mayor eficiencia en plantas próximas a cosecha.

Para los parámetros de sanidad ante los nematodos fitoparásitos el T5(Silicato de Potasio 1000 cm^3 ha^{-1}) y T4 (Ácido Ortosilícico 750 cm^3 ha^{-1}) potencialmente demostrarían tener tolerancia al ataque de estos microorganismos. Esta investigación, ofrece información de partida, para que se pueda profundizar los estudios de dosis y fuentes de (Si) en la tolerancia al estrés biótico, usando indicadores bioquímicos de salud en el cultivo de banano.

REFERENCIAS

Álvarez, E., Pantoja, A., Gañan, L., & Ceballos, G. (2013). La Sigatoka negra en plátano y banano. En *Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT)*.

Araya, M., & Moens, T. (2003). Parasitic nematodes on Musa AAA (Cavendish subgroup cvs 'Grande naine', 'Valery' and 'Williams'). *Banana Root System: towards a better understanding for its productive management, September 2016*, 201-223. https://www.bioversityinternational.org/fileadmin/_migrated/uploads/tx_news/Banana_Root_System__towards_a_better_understanding_for_its_productive_management_1097.pdf

Etesami, H., & Jeong, B. R. (2019). Importance of silicon in fruit nutrition: Agronomic and physiological implications. En *Fruit Crops: Diagnosis and Management of Nutrient Constraints*. Elsevier Inc. https://doi.org/10.1016/B978-0-12-818732-6.00019-8

Fouré, E. (1985). Black leaf streak disease of bananas and plantains (Mycosphaerella fijiensis Morelet), study of the symptoms and stages of the disease in Gabon. *Irfa, Paris*.

Gómez Camacho, R., Rodriguez Mendoza, M. D. las N., Cárdenas Soriano, E., Sandoval Villa, M., & Colinas de León, M. (2006). Fertilización foliar con silicio como alternativa contra la marchitez causada por Fusarium oxysporum (Sheld) en tomate de cáscara. *Revista Chapingo Serie Horticultura*, *12*(1), 69-75. http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=60912111%0ACómo

INEC. (2022). Encuesta de superficie y producción continua. En *ESPAC - Instituto Nacional de Estadística y Censos*.https://www.ecuadorencifras.gob.ec/documentos/web-inec/Estadisticas_agropecuarias/espac/espac-2021/Principales resultados-ESPAC_2021.pdf

Kablan, L., Lagauche, A., Delvaux, B., & Legrève, A. (2012). Silicon reduces black Sigatoka development in banana. *Plant Disease*, *96*(2), 273-278. https://doi.org/10.1094/PDIS-04-11-0274

Lux, A., Lukačová, Z., Vaculík, M., Švubová, R., Kohanová, J., Soukup, M., Martinka, M., & Bokor, B. (2020). Silicification of root tissues. *Plants*, *9*(1), 1-20. https://doi.org/10.3390/plants9010111

Mandlik, R., Thakral, V., Raturi, G., Shinde, S., Nikolić, M., Tripathi, D., K., …, & Deshmukh, R. (2020). Significance of Silicon Uptake, Transport, and Deposition in plants. *Journal of Experimental Botany.*, *71(21)*, 6703-6718. https://doi.org/10.1093/jxb/eraa301.

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

Raid, R. N., Anderson, D. L., & Ulloa, M. F. (1992). Influence of cultivar and amendment of soil with calcium silicate slag on foliar disease development and yield of sugar-cane. *Crop Protection*, *11*(1), 84-88. https://doi.org/10.1016/0261-2194(92)90085-J

Raya Pérez, J. ., & Aguirre Mancilla, C. (2012). El Papel del Silicio en los Organismos y Ecosistemas. *Conciencia Tecnologica*, *43*, 42-46. https://doi.org/10.1016/j.enfcli.2011.12.005

Ternesien, E. 1985. La cercosporioses des bananiers et plantains. Méthodes de lutte Avertissements. Perspectives au Cameroun. Mémoire de fin d´etudes. IRFA, París.

Vasanthi, N., Saleena, L. M., & Raj, S. A. (2014). Silicon in crop production and crop protection -A review. *Agricultural Reviews*, *35*(1), 14. https://doi.org/10.5958/j.0976-0741.35.1.002

Yavaş, İ., & Ünay, A. (2017). The Role of Silicon under Biotic and Abiotic Stress Conditions. *Türkiye*

Tarımsal Araştırmalar Dergisi.- Turkish Journal of Agricultural Research., *4*(2), 204-209. https://doi.org/10.19159/tutad.300023

Yu, J., Yu, X., Li, C., Ayaz, M., Abdulsalam, S., Peng, D., Qi, R., Peng, H., Kong, L., Jia, J., & Huang, W. (2022). Silicon Mediated Plant Immunity against Nematodes: Summarizing the Underline Defence Mechanisms in Plant Nematodes Interaction. *International Journal of Molecular Sciences*, *23*(22). https://doi.org/10.3390/ijms232214026