

Ciencia Latina Revista Científica Multidisciplinar, Ciudad de México, México.
ISSN 2707-2207 / ISSN 2707-2215 (en línea), julio-agosto 2025,
Volumen 9, Número 4.

https://doi.org/10.37811/cl_rcm.v9i2

ELICITORES: EFECTO FITOVACUNA EN LA PREVENCIÓN DE SÍNTOMAS DE SIGATOKA NEGRA EN EL CULTIVO DE BANANO

**ELICITORS: PHYTOVACCINE EFFECT IN THE
PREVENTION OF BLACK SIGATOKA SYMPTOMS IN
BANANA CULTIVATION**

Sebastián Dino Zhapán Maquencia

Universidad Técnica de Machala, Ecuador

Leonardo Ivan Noblecilla Coello

Universidad Técnica de Machala, Ecuador

Quevedo Guerrero José Nicasio

Universidad Técnica de Machala, Ecuador

Jessica Maribel Quezada Campoverde

Universidad Técnica de Machala, Ecuador

DOI: https://doi.org/10.37811/cl_rcm.v9i4.19111

Elicitores: Efecto Fitovacuna en la Prevención de Síntomas de Sigatoka Negra en el Cultivo de Banano

Sebastián Dino Zhapán Maquencia¹dzhapan3@utmachala.edu.ec<https://orcid.org/0000-0002-0852-3629>Universidad Técnica de Machala
Ecuador**Leonardo Ivan Noblecilla Coello**lnoblecil2@utmachala.edu.ec<https://orcid.org/0009-0006-6866-4761>Universidad Técnica de Machala
Ecuador**José Nicasio Quevedo Guerrero**jquevedo@utmachala.edu.ec<https://orcid.org/0000-0002-8974-5628>Universidad Técnica de Machala
Ecuador**Jessica Maribel Quezada Campoverde**jquezada@utmachala.edu.ec<https://orcid.org/0000-0003-2760-4827>Universidad Técnica de Machala
Ecuador

RESUMEN

Se evaluó la eficacia de un activador de inmunidad innata y memoria del estrés biótico diseñado para robustecer y amplificar mecanismos de autoprotección rápida y eficiente, comparado con el efecto del extracto de gobernadora para reducir los síntomas de la Sigatoka negra en banano. Se establecieron cinco tratamientos más el testigo (T0-T5) en un diseño completamente al azar. T0 (testigo, sin aplicación); T1, T2 y T3 con Activane a 250, 500 y 750 g ha⁻¹; y T4 y T5 con extracto de gobernadora (*Larrea tridentata*) a 500 y 1 000 cc ha⁻¹. El estado evolutivo de la enfermedad en las hojas 3, 4 y 5 mediante la escala de Fouré. El análisis de varianza de medidas repetidas reveló efectos altamente significativos para el factor tiempo ($p < 0,001$; $\eta^2 = 0,92-0,95$), tratamiento ($p < 0,001$; $\eta^2 = 0,97-0,99$) y su interacción ($p < 0,001$; $\eta^2 = 0,77-0,86$). La prueba de Tukey confirmó que T3 y T2 presentaron los menores niveles de severidad (428,62–474,84; 406,96–444,30; 396,92–407,94) en las tres hojas evaluadas, superando significativamente al testigo y a los tratamientos con extracto de gobernadora (T4, T5). Los resultados sugieren que la composición de Activane presentan sinergia de oligosacáridos, aminoácidos, quitosano y micronutrientes en T2 y T3, en menor y mayor medida respectivamente, desencadenan respuestas de defensa sistémica y fortalecen la pared celular, limitando el avance de *Mycosphaerella fijiensis*. Estos resultados demuestran el potencial de los elicitors orgánicos como herramientas para el manejo integrado de enfermedades foliares en banano.

Palabras clave: sigatoka negra, banano, elicitors orgánicos, micronutrientes, bioestimulación

¹ Autor principal

Correspondencia: dzhapan3@utmachala.edu.ec

Elicitors: Phytoactive Effect in the Prevention of Black Sigatoka Symptoms in Banana Cultivation

ABSTRACT

The efficacy of a phytoactive-type elicitor formulation (ACTIVANE) and a gobernadora extract was evaluated for reducing black Sigatoka symptoms in banana (*Musa spp.*). Six treatments (T0–T5) were arranged in a completely randomized design with three replicates, and the disease's developmental stage on leaves 3, 4 and 5 was recorded weekly for nine weeks using Fouré's scale. Repeated-measures ANOVA revealed highly significant effects for time ($p < 0.001$; $\eta^2 = 0.92\text{--}0.95$), treatment ($p < 0.001$; $\eta^2 = 0.97\text{--}0.99$) and their interaction ($p < 0.001$; $\eta^2 = 0.77\text{--}0.86$). Tukey's test confirmed that T3 and T2 showed the lowest severity levels (428.62–474.84; 406.96–444.30; 396.92–407.94) across the three leaves assessed, significantly outperforming the control and the gobernadora-extract treatments (T4, T5). The results suggest that the synergy of oligosaccharides, amino acids, chitosan and micronutrients in T2 and, to a greater extent, T3 triggers systemic defense responses and reinforces the cell wall, limiting the advance of *Mycosphaerella fijiensis*. These findings demonstrate the potential of organic elicitors as tools for integrated management of foliar diseases in banana.

Keywords: black sigatoka, banana, organic elicitors, micronutrients, biostimulation

Artículo recibido 05 julio 2025

Aceptado para publicación: 25 julio 2025



INTRODUCCIÓN

El cultivo de banano (*Musa spp.*) representa una de las actividades agrícolas más relevantes para la economía ecuatoriana, ubicando al país como líder mundial en exportaciones de esta fruta, con una participación aproximada del 26 % del mercado global (Taco, 2023). Este rubro constituye la fuente no petrolera más importante de divisas del Ecuador, aportando aproximadamente el 2 % del Producto Interno Bruto (PIB) y cerca del 35 % del PIB agrícola, además de generar miles de empleos directos e indirectos en las zonas rurales (Quevedo Carranza et al., 2024).

No obstante, la sostenibilidad de este cultivo se ve amenazada por enfermedades de alto impacto como la Sigatoka negra, causada por *Mycosphaerella fijiensis*, patógeno que reduce significativamente la capacidad fotosintética de la planta y provoca pérdidas económicas considerables (Ayala et al., 2014). Para su control, muchos productores realizan más de 40 aplicaciones fungicidas al año, con el consecuente incremento de costos, riesgo de resistencia fúngica y contaminación ambiental (Zhungo, 2023). Estas limitaciones han impulsado la búsqueda de alternativas sostenibles, entre ellas los elicitors, compuestos capaces de activar las defensas naturales de la planta mediante un mecanismo análogo a la inmunización vegetal (Dipti et al., 2022).

El uso de quitosano tiene efecto en el control de Sigatoka Negra, resultando una alternativa viable en sustitución de fungicidas químicos (triazoles, estrobirulinas y carboxamidas), que se puede tomar en cuenta en los programas de control del patógeno (Rabanales, 2020).

Investigaciones en nutrición foliar revelan que la aplicación de micronutrientes (principalmente Zn, Fe, Mn y Mo) incrementa la actividad enzimática antioxidante y refuerza la pared celular, reduciendo con ello la incidencia de patógenos hemibiotróficos en musáceas como la Sigatoka Negra (Kumar et al., 2020; Elad et al., 2021). Estos elementos, al ser aplicados en forma de quelatos, muestran alta disponibilidad foliar y rápida incorporación a los sistemas de defensa de la planta.

Asimismo, el silicio aplicado vía foliar se ha identificado como un agente clave para limitar la progresión de la Sigatoka negra. Fortalece la barrera física de las hojas y estimula la síntesis de compuestos fenólicos, reduciendo tanto la tasa de infección como la severidad de la enfermedad (Kablan et al., 2012).



El aporte foliar de materia orgánica y carbono orgánico total proveniente de extractos humificados también ejerce un rol elicitor al activar rutas de señalización de defensa. Un metaanálisis reciente reportó una disminución promedio del 75 % en la incidencia de enfermedades fúngicas cuando se aplicaron estos bioinsumos (Silva & Canellas, 2022).

Asimismo, se ha reportado que los extractos foliares de gobernadora (*Larrea tridentata*), ricos en ácido nordihidroguayarático, presentan una marcada actividad antifúngica contra *Mycosphaerella fijiensis* Morelet. En ensayos *in vitro*, el extracto etanólico de esta especie inhibió hasta en un 40% el crecimiento micelial del patógeno (Zhungo, 2023).

La demanda de banano orgánico ha mantenido tasas de crecimiento del 10 al 20 % durante la última década, obligando a los productores a cumplir con regulaciones orgánicas cada vez más estrictas (Dawson & van der Waal, 2023) En Ecuador se contabilizan 15 399 ha de banano orgánico, que constituyen el sustento de más de 800 pequeños productores enfocados en mercados exigentes en inocuidad y sostenibilidad (Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias [INIAP], 2021).

En este sentido, el presente estudio tiene como objetivo general evaluar la efectividad de dos elicitors orgánicos para reducir la severidad de los síntomas causados por *Mycosphaerella fijiensis* Morelet (Sigatoka negra) en plantas de banano bajo condiciones controladas, contribuyendo al desarrollo de estrategias de manejo fitosanitario sostenibles, adaptadas a las demandas actuales del comercio internacional y de la producción ecológica nacional.

METODOLOGÍA

Lugar del experimento

El ensayo se llevó a cabo en Ecuador, provincia de El Oro, cantón Machala, en una parcela experimental de banano clon williams perteneciente a la Facultad de Ciencias Agropecuarias de la Universidad Técnica de Machala. El área total de estudio fue de 0,25 hectáreas bajo condiciones controladas.

Diseño experimental

Se utilizó un diseño completamente al azar (DCA) con seis tratamientos y tres repeticiones cada uno (6×3), dando un total de 18 unidades experimentales. Cada unidad estuvo conformada por cinco plantas seleccionadas bajo los siguientes criterios: altura entre 2 y 3 metros, con al menos nueve hojas funcionales, prontas o recién paridas. En total se evaluaron 15 plantas por tratamiento.



Tratamientos aplicados

Se emplearon dos tipos de elicitors orgánicos en diferentes concentraciones junto con una dosis de 100ml/ha:

Tabla 1. Tratamientos aplicados para el control de sigatoka negra

Tratamiento	Producto	Dosis por planta	Dosis por hectárea
T0	Sin aplicación	Sin aplicación	Sin aplicación
T1	Activane	0.18g	250g
T2	Activane	0.36g	500g
T3	Activane	0.54g	750g
T4	<i>Larrea tridentata</i>	0.36ml	500cc
T5	<i>Larrea tridentata</i>	0.71ml	1000cc

Variable evaluada

La variable principal del estudio fue el estado evolutivo de la Sigatoka negra (*Mycosphaerella fijiensis* Morelet), evaluado semanalmente mediante la escala de Fouré en las hojas 3, 4 y 5, enfocándose en el margen izquierdo de la punta foliar.

La progresión de la enfermedad se clasificó en seis estadios, según la escala de Fouré descritas a continuación:

Tabla 2. Estadios de la enfermedad.

Estadio	Descripción
1	Punto clorótico, visible a trasluz.
2	Raya marrón rojiza de 2–3 mm, visible por ambos lados.
3	Raya más ancha y larga, de color café rojizo.
4	Mancha de color café oscuro.
5	Mancha negra con halo amarillo.
6	Centro de la mancha seco, color grisáceo, con bordes negros y apariencia hundida.

Fuente: Álvarez et al., 20213)

Método de evaluación de la enfermedad

La severidad de la Sigatoka negra se cuantificó mediante el método de preaviso biológico descrito por Carrillo Romero et al. (2022). Para cada planta se registró el número de estadios visibles en las hojas 3, 4 y 5 y, según el rango observado, se asignó un castigo (A = 0–5 estadios, B = 6–10, C = ≥ 11) y su factor de severidad (1, 2 o 3). El estado evolutivo (EE) se obtuvo con la ecuación:



EE = Promedio de grados de severidad × Promedio del factor × Constante

Empleando las constantes 120, 100 y 80 para las hojas 3, 4 y 5, respectivamente. Los valores finales se clasificaron como baja severidad (≤ 250), moderada (251–500) o alta (≥ 501). Esta metodología permite integrar intensidad y progreso de la enfermedad en un solo indicador y ha sido validada previamente para evaluar tratamientos fungicidas en banano

Análisis estadístico

Los datos se sometieron a un análisis estadístico de ANOVA de medidas repetidas y a un análisis descriptivo. Posteriormente se utilizó la prueba de comparaciones múltiples de Tukey al 5% de significancia con el fin de identificar grupos de medias estadísticamente similares todas las pruebas estadísticas fueron realizadas utilizando el software SPSS versión 25 desarrollado por IBM (IBM, 2022).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El análisis estadístico evidenció diferencias significativas entre tratamientos respecto a la variable evaluada. Se presentan a continuación los resultados detallados, destacando los efectos diferenciados de cada tratamiento y su relación con hallazgos previos en la literatura científica.

Tabla 4. Comparación del estado evolutivo en hoja 3

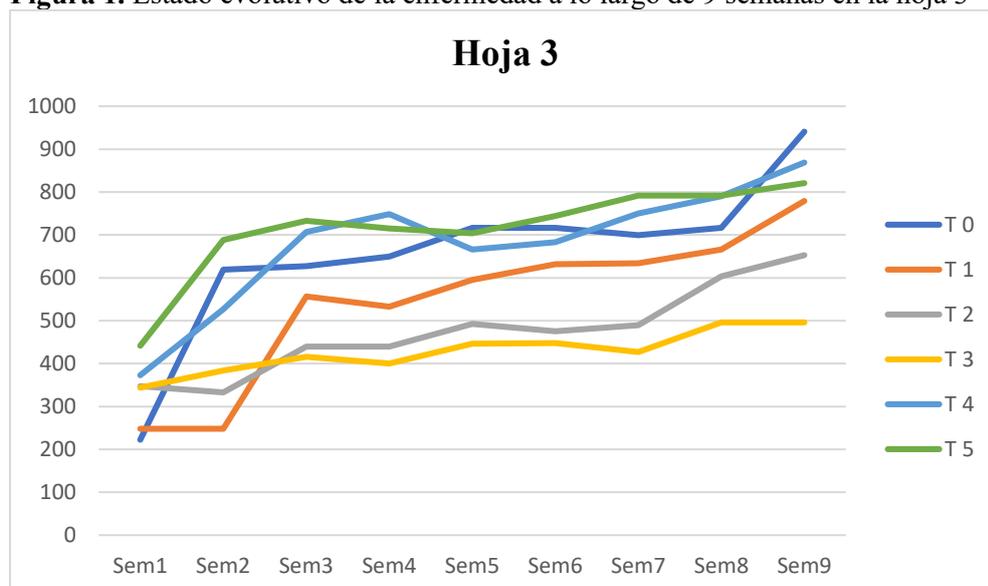
Día	Tratamiento	Media	Desv. Est.	CV %
0	T0	222,40	50,87	22,87
	T1	248,00	36,66	14,78
	T2	347,20	40,82	11,76
	T3	344,00	40,82	11,87
	T4	372,80	23,68	6,35
	T5	441,60	69,23	15,68
14	T0	627,20	55,40	8,83
	T1	556,80	33,26	5,97
	T2	440,00	30,48	6,93
	T3	416,00	27,71	6,66
	T4	707,20	36,03	5,09
	T5	732,80	31,24	4,26

Día	Tratamiento	Media	Desv. Est.	CV %
28	T0	716,80	60,50	8,44
	T1	595,20	33,26	5,59
	T2	492,80	60,25	12,23
	T3	446,40	50,70	11,36
	T4	665,60	36,03	5,41
	T5	704,00	27,71	3,94
42	T0	699,20	70,75	10,12
	T1	633,60	72,05	11,37
	T2	489,60	36,03	7,36
	T3	427,20	48,50	11,35
	T4	750,40	36,03	4,80
	T5	792,00	72,00	9,09
56	T0	940,80	95,40	10,14
	T1	779,20	45,30	5,81
	T2	652,80	33,26	5,09
	T3	496,00	27,71	5,59
	T4	868,80	64,93	7,47
	T5	820,80	38,10	4,64

El análisis del estado evolutivo de la Sigatoka negra en la hoja 3 (Tabla 4) evidenció diferencias marcadas en la eficacia de los tratamientos evaluados. Al inicio (día 0), los valores fueron altos en todos los tratamientos, con T5 registrando el promedio más elevado (441,6) y T0 el más bajo (222,4), acompañados de coeficientes de variación (CV) relativamente altos que reflejaron alta heterogeneidad. A partir del día 14, se observó una reducción generalizada, destacándose T3 y T2 con los menores valores (416,0 y 440,0, respectivamente), lo que sugiere un mejor control temprano. Esta tendencia se mantuvo en los días 28 y 42, donde T3 mostró el menor estado evolutivo (446,4 y 427,2), seguido de T2, consolidando su eficacia sostenida frente a la enfermedad. Para el día 56, T3 se posicionó como el tratamiento más efectivo (496,0), mientras que T0 (testigo) evidenció el mayor valor (940,8), indicando un control deficiente. En general, la disminución progresiva de los CV en la mayoría de los tratamientos respalda la consistencia y uniformidad alcanzadas en las plantas con una moderada severidad para el T3 según el cuadro 3.



Figura 1. Estado evolutivo de la enfermedad a lo largo de 9 semanas en la hoja 3



Este resultado respalda el efecto sinérgico de los oligosacáridos, aminoácidos y quitosano presentes en ACTIVANE (T3), componentes que inducen la producción de fitoalexinas y fortalecen las defensas sistémicas de la planta (Echeverri et al., 2011; Ayala et al., 2014).

Tabla 5. Comparación del estado evolutivo en hoja 4

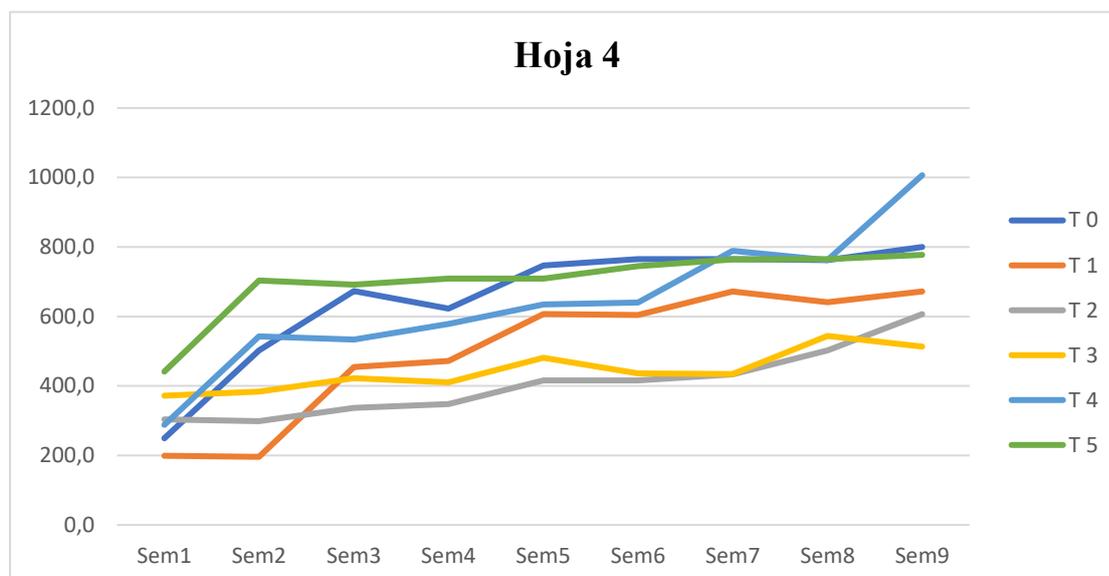
Día	Tratamiento	Media	Desv. Est	CV %
0	T0	249,33	34,95	14,02
	T1	198,67	18,04	9,08
	T2	304,00	50,12	16,49
	T3	372,00	20,78	5,59
	T4	288,00	32,00	11,11
	T5	441,33	42,02	9,52
14	T0	673,33	50,40	7,49
	T1	454,67	34,02	7,48
	T2	337,33	25,40	7,53
	T3	422,67	23,44	5,55
	T4	533,33	23,09	4,33
	T5	692,00	31,24	4,51
28	T0	746,67	85,54	11,46
	T1	606,67	60,04	9,90
	T2	416,00	50,45	12,13
	T3	481,33	55,01	11,43
	T4	634,67	60,04	9,46
	T5	709,33	32,33	4,56

Día	Tratamiento	Media	Desv. Est	CV %
42	T0	765,33	65,50	8,56
	T1	672,00	56,00	8,33
	T2	433,33	30,02	6,93
	T3	434,67	36,30	8,35
	T4	789,33	36,95	4,68
	T5	764,00	64,66	8,46
56	T0	800,00	65,45	8,18
	T1	672,00	35,50	5,28
	T2	606,67	30,02	4,95
	T3	513,33	27,71	5,40
	T4	1006,67	105,25	10,46
	T5	777,33	56,05	7,21

El análisis del estado evolutivo de la Sigatoka negra en la hoja 4 (Tabla 5) evidenció diferencias claras en la eficacia de los tratamientos. Desde el inicio (día 0), T1 presentó el menor valor promedio (198,7), mientras que T5 mostró el mayor (441,3), acompañado de alta variabilidad en algunos tratamientos. A partir del día 14, T2 y T3 destacaron con valores más bajos (337,3 y 422,7), manteniéndose como los más efectivos en las mediciones subsiguientes. Para el día 28, T2 registró 416,0 y T3 alcanzó 481,3, reafirmando su capacidad de controlar el avance de la enfermedad. En el día 42, estos tratamientos conservaron la tendencia con promedios cercanos a 433, consolidando su desempeño sostenido. Finalmente, al día 56, T3 se confirmó como el tratamiento más eficaz (513,3), seguido de T2 (606,7), mientras que T4 mostró el mayor valor (1006,7), evidenciando menor control. En conjunto, los resultados de la hoja 4 confirman la superioridad de T3 y T2 en la reducción del estado evolutivo de la Sigatoka negra, con menor variabilidad y mayor consistencia a lo largo del ensayo con una moderada-alta severidad según el cuadro 3.



Figura 2. Estado evolutivo de la enfermedad a lo largo de 9 semanas en la hoja 4



Se evidencia que la inclusión de micronutrientes como Zn y Mn contribuye a reforzar la pared celular y estimular mecanismos antioxidantes, reduciendo así la severidad de *Mycosphaerella fijiensis* Morelet tal como lo demuestra Azofeifa (2007) en su investigación para mitigar sigatoka negra con aplicaciones foliares de micronutrientes.

Tabla 6. Comparación del estado evolutivo en hoja 5.

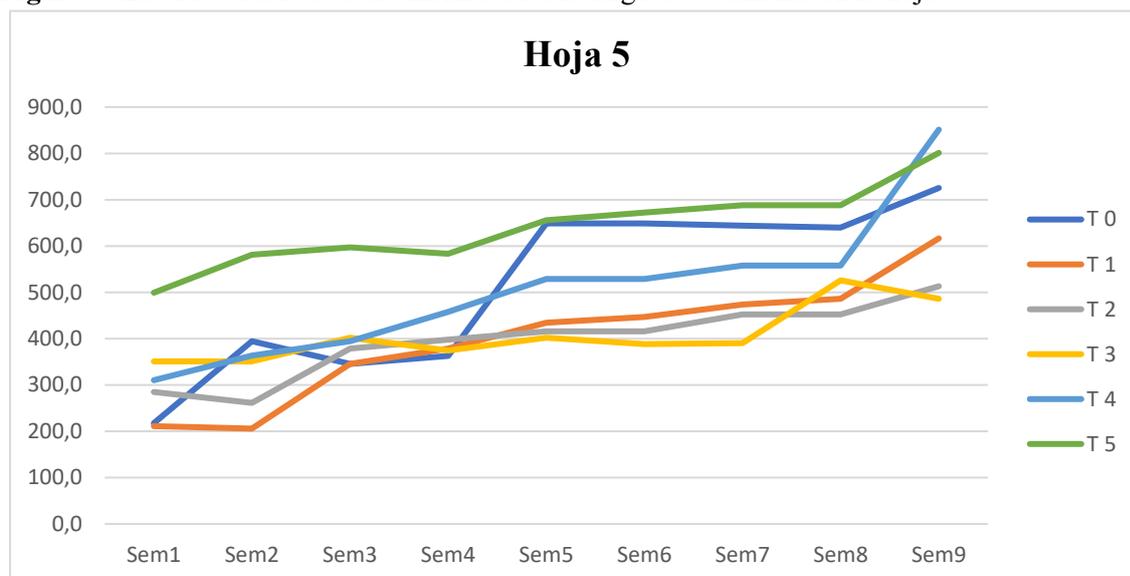
Día	Tratamiento	Media	Desv. Est.	CV %
0	T0	217,6	22,17	10,19
	T1	211,2	19,20	9,09
	T2	284,8	30,53	10,72
	T3	350,9	21,31	6,07
	T4	310,4	47,14	15,19
	T5	499,2	38,40	7,69
14	T0	345,6	38,40	11,11
	T1	345,6	28,80	8,33
	T2	378,7	35,39	9,35
	T3	402,1	24,02	5,97
	T4	394,7	18,48	4,68
	T5	597,3	25,87	4,33

Día	Tratamiento	Media	Desv. Est.	CV %
28	T0	648,5	29,56	4,56
	T1	434,1	20,32	4,68
	T2	416,0	41,60	10,00
	T3	402,1	48,04	11,95
	T4	529,1	29,56	5,59
	T5	656,0	27,71	4,22
42	T0	644,3	26,65	4,14
	T1	473,6	44,34	9,36
	T2	452,3	38,58	8,53
	T3	390,4	27,71	7,10
	T4	557,9	43,45	7,79
	T5	688,0	27,71	4,03
56	T0	725,3	50,47	6,96
	T1	616,5	31,41	5,09
	T2	513,1	24,02	4,68
	T3	486,4	22,17	4,56
	T4	851,2	0,00	0,00
	T5	801,1	28,68	3,58

El análisis del estado evolutivo de la Sigatoka negra en la hoja 5 (tabla 6) mostró diferencias notables en la respuesta a los tratamientos. En el día 0, T1 presentó el valor promedio más bajo (211,2), mientras que T5 registró el más alto (499,2), acompañado de coeficientes de variación moderados que evidenciaron heterogeneidad inicial. A partir del día 14, T3 y T4 destacaron con menores valores (402,1 y 394,7), confirmando un mejor control temprano. En el día 28, T3 mantuvo un valor bajo (402,1), seguido de T2 (416,0), mientras que T5 y T0 registraron valores superiores (656,0 y 648,5), indicando menor efectividad en esta fase. Para el día 42, T3 volvió a ser el tratamiento con menor estado evolutivo (390,4), consolidando su consistencia frente a la enfermedad. Finalmente, al día 56, T3 y T2 mantuvieron los valores más bajos (486,4 y 513,1, respectivamente), evidenciando un control sostenido y eficaz. En conjunto, los resultados de la hoja 5 confirman la superioridad de T3 con una moderada severidad según la tabla 3, seguido de T2, en la reducción del estado evolutivo de la Sigatoka negra, con menores valores promedio y variabilidad reducida a lo largo del ensayo.



Figura 3. Estado evolutivo de la enfermedad a lo largo de 9 semanas en la hoja 5.



Mura (2007) señala que la incorporación de compuestos orgánicos y aminoácidos incrementa la sanidad foliar y fortalece la respuesta inmunológica; el presente estudio confirma dicha afirmación, ya que ambos componentes están presentes en la formulación de ACTIVANE.

Con el objetivo de analizar la existencia de diferencias estadísticamente significativas entre los tratamientos, a lo largo del tiempo, y la posible interacción entre ambos factores, se aplicó un análisis de varianza de medidas repetidas para cada hoja. Al no violar el supuesto de esfericidad de Mauchly se trabaja con el valor de la esfericidad asumida dado por el software (Field, 2018).

Tabla 7. ANOVA de medidas repetidas para el estado evolutivo en hoja 3

Efecto	Tipo III de suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.	Eta parcial al cuadrado	Parámetro de no centralidad	Potencia observada ^a
Tiempo	2196589,51	8,00	274573,69	144,45	>0,001	0,92	1155,62	1,00
Tiempo * Tratamientos	599551,72	40,00	14988,79	7,89	>0,001	0,77	315,42	1,00

El ANOVA de medidas repetidas en la hoja 3 (Tabla 7) mostró efectos altamente significativos para el Tiempo ($p < 0,001$; η^2 parcial = 0,92) y su interacción Tiempo * Tratamientos ($p < 0,001$; η^2 parcial = 0,77), lo que evidencia diferencias marcadas en la evolución temporal y en la eficacia de los tratamientos sobre el estado evolutivo de la sigatoka negra.

Tabla 8. ANOVA de medidas repetidas para el estado evolutivo en hoja 4

Efecto	Tipo III de suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.	Eta parcial al cuadrado	Parámetro de no centralidad	Potencia observada ^a
Tiempo	2346613,53	8,00	293326,69	166,55	>0,001	0,93	1332,41	1,00
Tiempo * Tratamientos	812369,58	40,00	20309,24	11,53	>0,001	0,83	461,26	1,00

Se observaron efectos significativos (Tabla 8) para el Tiempo ($p < 0,001$; η^2 parcial = 0,93) y la interacción Tiempo \times Tratamiento ($p < 0,001$; η^2 parcial = 0,83), confirmando la influencia diferenciada de cada estrategia en el control de la enfermedad a lo largo del ensayo en la hoja 4.

Tabla 9. ANOVA de medidas repetidas para el estado evolutivo en hoja 5

Efecto	Tipo III de suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.	Eta parcial al cuadrado	Parámetro de no centralidad	Potencia observada ^a
Tiempo	1734625,03	8,00	216828,13	251,71	>0,001	0,95	2013,65	1,00
Tiempo * Tratamientos	503309,53	40,00	12582,74	14,61	>0,001	0,86	584,27	1,00

Los efectos de Tiempo ($p < 0,001$; η^2 parcial = 0,95) y la interacción ($p < 0,001$; η^2 parcial = 0,86) fueron altamente significativos (Tabla 9), indicando variaciones temporales claras y un impacto diferencial sostenido de los tratamientos sobre la severidad foliar en la hoja 5.

Tabla 10. Prueba post-hoc de tukey para cada hoja

Tratamiento	Hoja 3	Hoja 4	Hoja 5
T0	656.53 ^a	654.22 ^b	514.13 ^b
T1	543.47 ^b	501.93 ^c	399.88 ^c
T2	474.84 ^c	406.96 ^d	396.92 ^c
T3	428.62 ^c	444.30 ^d	407.94 ^c
T4	679.29 ^a	641.78 ^b	505.72 ^b
T5	714.49 ^a	700.89 ^a	640.71 ^a
Sig	<0.001	<0.001	<0.001

La prueba de Tukey (tabla 10) reveló diferencias significativas entre tratamientos en las tres hojas evaluadas ($p < 0,001$). En la hoja 3, T3 y T2 presentaron los menores valores promedio (428,62 y 474,84), indicando mayor eficacia en la reducción de la severidad. Para la hoja 4, T2 y T3 también destacaron con los valores más bajos (406,96 y 444,30), confirmando su efecto consistente.

En la hoja 5, T2 (396,92) y T3 (407,94) mantuvieron la tendencia, mientras que T5 mostró los valores más altos en todas las hojas, evidenciando menor control de la enfermedad. Estos resultados refuerzan la superioridad de T2 y T3 en el manejo integrado de *Mycosphaerella fijiensis* Morelet.

CONCLUSIÓN

Los resultados obtenidos en condiciones adversas generadas a propósito para evaluar la eficiencia del activador de defensas plantas prontas de banano en las hojas 3, 4 y 5 confirman la eficacia del tratamiento T3 para reducir el estado evolutivo de *Mycosphaerella fijiensis* Morelet, mostrando valores promedio más bajos a partir de la semana 2 (día 14) y hasta la semana 9 (día 56) que evidenció un comportamiento menos agresivo de la enfermedad. El tratamiento T2 mantuvo un desempeño cercano al de T3 manteniéndose en una calificación moderada. En contraste, T0 (testigo) registró el mayor avance de la Sigatoka negra, mientras que T4 y T5 exhibieron eficacia intermedia o decreciente hacia el final del ensayo. Estos hallazgos, coherentes con estudios previos que atribuyen a los oligosacáridos, aminoácidos y quitosano un efecto bioestimulante sinérgico sobre la inducción de fitoalexinas y la inmunidad sistémica, respaldando su uso como estrategia clave dentro de un programa de manejo integrado de la Sigatoka negra en banano, constituyéndose en una herramienta más para alternar con las ya existentes en el medio.

Como proyección aplicada, este ensayo puede ampliarse en condiciones reales de una finca bananera dentro de un manejo integrado de sigatoka negra que combine: deshoje sanitario oportuno, manejo de densidad, rotación/fungicidas según códigos FRAC, apoyo de pronósticos climáticos, riego, entre otros. Así poder estimar impactos sobre ciclos de aplicación, costos y retraso en la resistencia del patógeno.

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- Álvarez, E., Pantoja, A., Gañán, L., & Ceballos, G. (2013). La Sigatoka negra en plátano y banano: Guía para el reconocimiento y manejo de la enfermedad, aplicado a la agricultura familiar. FAO / CIAT. <https://www.fao.org/4/as089s/as089s.pdf>
- Azofeifa, D. (2007). Efecto de la fertilización foliar con Ca, Mg, Zn y B en la severidad de la Sigatoka negra (*Mycosphaerella fijiensis* Morelet), en el crecimiento y la producción del banano (*Musa* AAA, cv. Grande Naine). Tesis de Licenciatura en Ingeniería en Agronomía, Instituto Tecnológico de Costa Rica.



<https://repositoriotec.tec.ac.cr/bitstream/handle/2238/5876/Tesis%20Licenciatura.%20Efecto%20de%20la%20fertilizac%3%adon%20foliar....pdf?sequence=1&isAllowed=y>

- Ayala, A., Colina, M., Molina, J., Vargas, J., Rincón, D., Medina, J., Rosales, L., & Cárdenas, H. (2014). Evaluación de la actividad antifúngica del quitosano contra el hongo *Mycosphaerella fijiensis* Morelet que produce la Sigatoka negra que ataca el plátano. *Revista Iberoamericana de Polímeros*, 15(6), 312-338. <https://reviberpol.org/wp-content/uploads/2019/07/2014-ayala.pdf>
- Ayala, R., Vásquez, V., & Mendoza, M. (2016). Efecto del quitosano en el control de *Mycosphaerella fijiensis* en banano (*Musa* spp.). *Revista Colombiana de Ciencias Hortícolas*, 10(2), 299–307. *Revista Iberoamericana de Polímeros*, 15(6), 312–338. <https://reviberpol.org/wp-content/uploads/2019/07/2014-ayala.pdf>
- Carrillo Romero, E. A., Quevedo Guerrero, J. N., & García Batista, R. M. (2022). Evaluación de un fungicida orgánico a base de taninos, flavonoides, fenoles y saponinas para el control de Sigatoka negra en banano (Trabajo de titulación, Universidad Técnica de Machala). Repositorio Digital UTMACH. <https://repositorio.utmachala.edu.ec/bitstream/48000/19867/1/TTUACA-2022-IA-DE00009.pdf>
- Dawson, C., & van der Waal, J. W. H. (2023). The world of organic bananas: A review of production, markets, sustainability and current and future trends. *Acta Horticulturae*, 1367, 13-24. <https://doi.org/10.17660/ActaHortic.2023.1367.2>
- Dipti, A., Mohapatra, S., & Naik, S. K. (2024). Biohardening with endomicrobiome – A novel approach to develop Fusarium wilt resistance in banana (*Musa* spp.). *The Microbe*, 4, 100109. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2950194624000761>
- Echeverri, F., Rodríguez, R., & Torres, F. (2011). Alternativas para el control de Sigatoka negra en banano en campo: El caso PlandakR. ResearchGate. https://www.researchgate.net/profile/Ricardo-Rodriguez-41/publication/286923638_ALTERNATIVAS_PARA_EL_CONTROL_DE_SIGATOKA_NEGRA_EN_BANANO_EN_CAMPO_EL_CASO_PLANDAKR/links/566feab408aec0bb67c1661f/ALTERNATIVAS-PARA-EL-CONTROL-DE-SIGATOKA-NEGRA-EN-BANANO-EN-CAMPO-EL-CASO-PLANDAKR.pdf



- Elad, Y., Nisan, Z., Kleinman, Z., Rav-David, D., & Yermiyahu, U. (2021). Effects of microelements on downy mildew (*Peronospora belbahrii*) of sweet basil. *Plants*, 10(9), 1793. <https://doi.org/10.3390/plants10091793>
- Field, A. (2013). *Discovering statistics using IBM SPSS Statistics* (4th ed.). SAGE Publications. Recuperado de [http://repo.darmajaya.ac.id/5678/1/Discovering%20Statistics%20Using%20IBM%20SPSS%20Statistics%20\(%20PDFDrive%20\).pdf](http://repo.darmajaya.ac.id/5678/1/Discovering%20Statistics%20Using%20IBM%20SPSS%20Statistics%20(%20PDFDrive%20).pdf)
- 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.
- Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias. (2021). Estadísticas de producción de banano orgánico en Ecuador 2020–2021. INIAP. https://www.iniap.gob.ec/wp-content/uploads/2022/01/PROYECTO%20FONTAGRO%20BOXF%202021_Postulacion.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>
- Kumar, S., Kumawat, P., & Suman, M. (2020). A review on role of micro-nutrients on banana, mango and pomegranate. *Indian Journal of Pure & Applied Biosciences*, 8(1), 190–198. <https://doi.org/10.18782/2582-2845.7949>
- Mura, L. F. (2007). Manejo alternativo de Sigatoka negra, utilizando biofertilizantes, en plantaciones comerciales de banano Cavendish, variedad Williams, cantón Taura. Tesis de Ingeniería Agropecuaria, Escuela Superior Politécnica del Litoral (ESPOL), Ecuador. <https://www.dspace.espol.edu.ec/bitstream/123456789/13448/8/D-37351.pdf>
- Quevedo Carranza, A. J., Arévalo Calderón, F. D., & Apolo Pilco, G. A. (2024). Impacto de las exportaciones del banano en la economía ecuatoriana: Análisis del PIB y el empleo en el periodo 2018-2022. *Ciencia Latina Revista Científica Multidisciplinar*, 8(1), 3724–3741. <https://ciencialatina.org/index.php/cienciala/article/view/10031/14728>
- Rabanales Córdova, C. W. (2020). Evaluación del efecto antifúngico de quitosano en el control de la Sigatoka Negra en el cultivo de banano; Tiquisate, Escuintla. Universidad Rafael Landívar.



<https://biblior.url.edu.gt/wp-content/uploads/publiwevg/Tesis/2022/06/14/Rabanales-Christian.pdf>

Silva, R. M., & Canellas, L. P. (2022). Organic matter in pest and plant disease control: A meta-analysis. *Chemical and Biological Technologies in Agriculture*, 9, 70. <https://doi.org/10.1186/s40538-022-00332-0>

Taco-Lambert, L. E., & Pizarro-Romero, K. H. (2023). Análisis comparativo de las exportaciones de camarón, cacao y banano del Ecuador de los años 2018–2022 y su incidencia en la balanza comercial. <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=721778123014>

Zhungo Morocho, J. M. (2023). Evaluación in vitro de aceites vegetales ozonizados en el control de Sigatoka negra (*Mycosphaerella fijiensis* Morelet) [Trabajo de titulación, Universidad Técnica de Machala]. Repositorio UTMACH. https://repositorio.utmachala.edu.ec/bitstream/48000/21962/1/Trabajo_Titulacion_2261.pdf

