

***AgroBacillus*: Lixiviado de raquis de banano para el manejo agroecológico de *Ralstonia solanacearum* con reducción significativa de la carga bacteriana**

***AgroBacillus*: Banana rachis leachate for the agroecological management of *Ralstonia solanacearum* with significant reduction of bacterial load**

Edison Ramiro Vásquez^{1*} 
Arístides Stavrinouidis-Xenon² 

1. Carrera de Ingeniería Agrícola, Facultad Agropecuaria y de Recursos
Naturales Renovables, Universidad Nacional de Loja, Loja, Ecuador

2. Xenon misioneros, Thinos, Grecia

*Autor para correspondencia: edison.vasquez@unl.edu.ec

RECIBIDO: 24/07/2025

ACEPTADO: 11/09/2025

PUBLICADO: 05/01/2026

■ RESUMEN

El moko del banano, causado por *Ralstonia solanacearum* Raza 2, es una de las enfermedades catastróficas que afecta el cultivo de *Musa* spp. Hasta la fecha, no se ha desarrollado un tratamiento efectivo para su erradicación. Esta investigación evaluó la reducción de la carga bacteriana mediante la aplicación de lixiviado de raquis de banano (*AgroBacillus*), caracterizado por su contenido en sustancias húmicas, nutrientes y microorganismos benéficos como *Bacillus subtilis*, en combinación con un tratamiento térmico al suelo. El experimento se desarrolló en el cantón Vinces, Ecuador (Hacienda San Antonio), bajo un esquema bifactorial en un diseño completamente al azar con tres repeticiones, considerando dos niveles de quema (2 y 4 horas) y dos dosis de lixiviado aplicadas de manera gradual durante 90 días (de 7,5 a 2,5 L y de 10,0 a 5,0 L). Los resultados evidenciaron efectos significativos ($p < 0,05$) tanto para las dosis de *AgroBacillus* como para la interacción entre los factores. El tratamiento térmico de cuatro horas combinado con la dosis de 10,0 L reducida a 5,0 L fue el más eficaz, al disminuir la población de *R. solanacearum* a 90 UFC/g de suelo, lo que representa una reducción del 74 %. Estos hallazgos confirman que *AgroBacillus*, utilizado como biofertilizante, en sinergia con un tratamiento térmico, constituye una alternativa agroecológica eficaz y sostenible para el manejo integrado del moko del banano. Su aplicación no solo reduce la carga bacteriana del patógeno, sino que también favorece la valorización de residuos agrícolas y contribuye a mejorar la salud del suelo.

Palabras clave: *Bacillus subtilis*, biofertilizantes, moko del banano, residuos agrícolas, sustancias húmicas.

■ ABSTRACT

Banana moko, caused by *Ralstonia solanacearum* Race 2, is one of the most devastating diseases affecting *Musa* spp., for which no curative treatment is currently available. This study evaluated the reduction of bacterial load through the application of *AgroBacillus*, characterized by its content of humic substances, nutrients, and beneficial bacteria such as *Bacillus subtilis*, in combination with soil thermal treatment. The experiment was conducted in Vinces, Ecuador (Hacienda San Antonio), under a completely randomized bifactorial design with three replications. Two heating levels (2 and 4 hours) and two leachate doses applied gradually over 90 days (from 7.5 to 2.5 L and from 10.0 to 5.0 L) were tested. Results showed significant effects ($p < 0.05$) for both the leachate doses and the interaction between factors. The treatment consisting of 4 hours of soil heating combined with the 10.0 L dose reduced to 5.0 L proved to be the most effective approach, achieving a 74 % reduction, with populations decreasing to 90 CFU/g of soil. These findings confirm that *AgroBacillus*, used as a biofertilizer in synergy with thermal treatment, represents an effective and sustainable agroecological alternative for the integrated management of banana moko. Its application not only reduces the pathogen's bacterial load but also promotes the valorization of agricultural residues and contributes to improving soil health.

Keywords: *Bacillus subtilis*, biofertilizers, banana moko, agricultural residues, humic substances

■ INTRODUCCIÓN

El uso intensivo de agroquímicos en sistemas agrícolas tropicales ha generado efectos negativos como pérdida de biodiversidad, degradación del suelo y contaminación de fuentes hídricas (FAO, 2012; Cárdenas-Calvachi & Sánchez-Ortíz, 2013; Vivas-Cedeño et al., 2022; Khan et al., 2022). Estos impactos están directamente asociados al desequilibrio de comunidades microbianas edáficas, lo que favorece la proliferación de patógenos como *Ralstonia solanacearum* Raza 2, agente causal del moko del banano (Villarreal-Delgado et al., 2018; Yáñez-Guzmán, Pérez-Martínez & Grijalva-Endara, 2021; Saquicela-Cruz et al., 2023).

Como alternativa a este modelo productivo, la agroecología promueve sistemas resilientes mediante la conservación de la agrobiodiversidad, el reciclaje de nutrientes y el aprovechamiento de residuos orgánicos (Glick, 2012; Alzate-Acevedo et al., 2021). En este marco, la aplicación de bioinsumos derivados de subproductos agrícolas

ha mostrado efectos positivos: incremento de más del 40 % en la biomasa microbiana del suelo, mayor disponibilidad de nutrientes y reducción del uso de fertilizantes sintéticos en hasta un 30 % (López-Gutiérrez et al., 2012).

En el caso de Ecuador, principal exportador mundial de banano, se generan más de 4 millones de toneladas anuales de biomasa residual, equivalente al 60 % (Alzate-Acevedo et al., 2021), de las cuales el raquis constituye uno de los subproductos más abundantes y menos aprovechados (Chávez-Estudillo et al., 2017). Este tejido vegetal se caracteriza por su riqueza en potasio (4 800 a 7 500 mg/L), nitrógeno (205 a 392 mg/L), fósforo (124 a 131 mg/L), además de ácidos húmicos y compuestos fenólicos con reconocida actividad antimicrobiana (Blanco et al., 2013; Andrade-Quinones, Hidalgo & Herrera, 2019; Fonseca et al., 2024). A nivel microbiológico, el lixiviado de raquis alberga comunidades dominadas por *Bacillus* spp., cuya presencia lo convierte en un sustrato natural con propiedades biofertilizantes y de biocontrol (Pedraza et al., 2020).

Estudios internacionales señalan que el lixiviado de raquis, incluso sin enriquecimiento, puede reducir la población de *R. solanacearum* en suelos contaminados hasta en un 32 % (Arenas et al., 2004). Este efecto se atribuye tanto a compuestos fenólicos y metabolitos secundarios presentes en el lixiviado, como a la acción de bacterias antagonicas como *Bacillus subtilis* (Yáñez-Guzmán et al., 2021; Parra-Cota et al., 2024). A su vez, experiencias con enriquecimiento microbiano han demostrado que la incorporación de *Trichoderma harzianum*, *B. subtilis* o consorcios de microorganismos eficientes (EM) potencia las propiedades biofertilizantes y el efecto de supresión de patógenos (González-León et al., 2022; Tanaka et al., 2024).

En este contexto, el presente estudio evaluó la reducción de la carga bacteriana de *Ralstonia solanacearum* Raza 2 mediante la aplicación combinada de un tratamiento térmico al suelo y *AgroBacillus* (lixiviado de raquis de banano), con énfasis en el papel de *Bacillus subtilis* como agente antagonista. La investigación busca aportar evidencia empírica para el manejo agroecológico del moko del banano, promoviendo el aprovechamiento de residuos agrícolas y la mejora de la salud del suelo en sistemas de producción sostenible.

■ MATERIALES Y MÉTODOS

Área de estudio

El experimento se realizó en la Hacienda San Antonio (Figura 1), ubicada en la parroquia Antonio Sotomayor, cantón Vines, provincia de Los Ríos, Ecuador. Las coordenadas geográficas son UTM 9 824 448,38 N y 636 634,75 E, a una altitud de 14 m s.n.m. La zona presenta un clima tropical húmedo, con temperatura media anual de 26 °C, precipitaciones entre 2 000 y 3 000 mm y humedad relativa promedio del 85 %. Los suelos son de textura arcillo-limosa, con buen drenaje, adecuados para el cultivo de musáceas (*Musa* spp.), variedad Cavendish valery (INIAP, 2023).

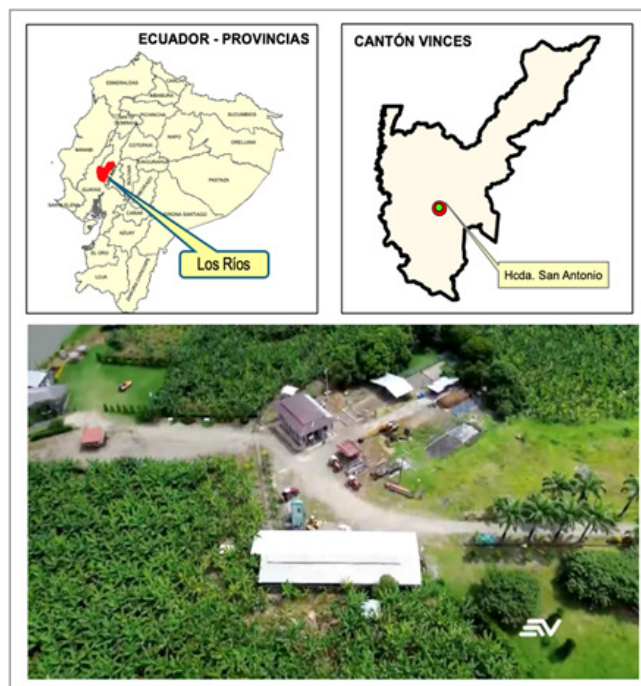


Figura 1. Hacienda San Antonio, parroquia Antonio Sotomayor, cantón Vines.

Diagnóstico de la enfermedad y manejo fitosanitario

El área experimental posee antecedentes confirmados de infecciones por *Ralstonia solanacearum* Raza 2, reportados por el INIAP (2023). La identificación de plantas afectadas con moko se efectuó mediante inspección visual en campo bajo condiciones de bioseguridad, siguiendo el protocolo oficial del Ministerio de Agricultura y Ganadería (MAG, 2022). El personal técnico empleó indumentaria esterilizada tipo quirúrgico, incluidos guantes y calzado de protección. La presencia de la enfermedad fue confirmada por síntomas característicos en pseudotallo y fruto, como decoloraciones vasculares lineales y circulares (Figura 2), además de una prueba rápida inmunocromatográfica (ImmunoStrip®), con tiempo de lectura de 5 minutos y sensibilidad del 95 %.

Las plantas diagnosticadas fueron eliminadas siguiendo el protocolo fitosanitario: pseudotallo y raíces fueron extraídas, embolsados y trasladados a una estructura de descomposición controlada de 2,0 m³, donde se aplicó cloro al 10 % para acelerar la degradación (MAG, 2022).



Figura 2. Síntomas de *Ralstonia solanacearum*: decoloraciones vasculares en pseudotallo y fruto.

Diseño experimental

Se empleó un diseño completamente al azar con arreglo bifactorial y tres repeticiones. Los factores fueron:

Factor A (Tratamiento térmico del suelo):

- f_1 : 2 horas de quema en un solo día.
- f_2 : 4 horas de quema distribuidas en dos días.

El tratamiento térmico se aplicó con cuatro lanzallamas alimentados por GLP (Gas Licuado de Petróleo), alcanzando temperaturas de 1 500 a 1 700 °C (Figura 3). Posteriormente, se removió una capa superficial de 20 a 30 mm, que fue desplazada hacia el perímetro del área de tratamiento (círculo de 6,0 m de diámetro).

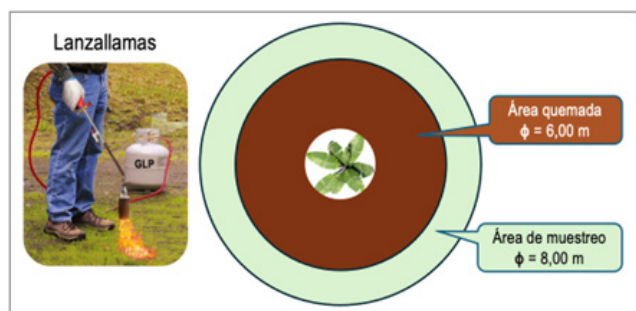


Figura 3. Área tratada térmicamente y muestreo de suelo infectado.

Factor B (Lixiviado de raquis de banano):

- r_1 : Dosis inicial de 7,5 L, reducida progresivamente a 2,5 L en 90 días.
- r_2 : Dosis inicial de 10,0 L, reducida progresivamente a 5,0 L en 90 días.

La aplicación se realizó durante un periodo de 90 días (Figura 4) mediante aspersión manual tipo abanico sobre una superficie circular de 8,0 m de diámetro empleando mochilas de aspersión con boquilla cónica.

Elaboración y caracterización del AgroBacillus

El *AgroBacillus* se obtuvo a partir de raquis frescos, procesados mecánicamente y sometidos a descomposición aeróbica (temperatura máxima de 60 a 80 °C) controlada durante 60 días en condiciones de temperatura de 25 a 40 °C y pH inicial de 6,5 a 7,0 y enriquecido con bacterias *Bacillus subtilis*. Durante el proceso se recirculó el lixiviado colectado dos veces por semana para acelerar la fermentación.

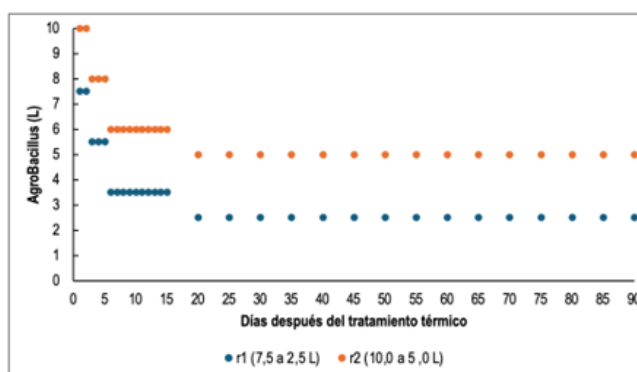


Figura 4. Aplicación de *AgroBacillus*.

Muestreo y análisis microbiológico

Cada 15 días, durante un periodo de 60 días, se recolectaron muestras compuestas de suelo de 500 g por parcela experimental, obtenidas a partir de cinco submuestras recolectadas al azar a una profundidad de 15 a 20 cm mediante barreno manual. Este procedimiento correspondió a un muestreo compuesto aleatorio estratificado, el cual permitió obtener una muestra representativa de cada unidad experimental. Las muestras fueron

homogenizadas y trasladadas al laboratorio en condiciones de bioseguridad para su análisis microbiológico.

Las muestras fueron analizadas en el Laboratorio de Sanidad Vegetal de la Universidad Nacional de Loja. Se emplearon medios selectivos SMSA (*Selective Medium South Africa*) y técnicas de conteo de unidades formadoras de colonias (UFC/g) para cuantificar la población de *Ralstonia solanacearum* (Elphinstone et al., 1996).

Análisis estadístico

Los datos de reducción de la carga bacteriana fueron sometidos a análisis de varianza para un diseño factorial. Cuando se detectaron diferencias significativas, se aplicó la prueba de comparación múltiple de Duncan ($\alpha = 0,05$). El análisis se realizó con el *software* estadístico *InfoStat* versión estudiantil.

■ RESULTADOS

Caracterización del *AgroBacillus*

El *AgroBacillus* (Tabla 1) presentó un pH de 5,3 y una elevada concentración de potasio (14 000 mg/L), nitrógeno (245 mg/L) y fósforo (183 mg/L). El análisis microbiológico (Tabla 2) mostró predominancia de bacterias Gram positivas del género *Bacillus*, particularmente *B. subtilis*, reconocidas por su efecto antagonista frente a patógenos del suelo (Khan et al., 2022; Parra-Cota et al., 2024).

Reducción de la carga bacteriana

La población de *Ralstonia solanacearum* en el suelo mostró diferencias significativas ($p < 0,05$) entre tratamientos térmicos y dosis de *AgroBacillus*, así como en su interacción (Tabla 3). El tratamiento con 4 horas de quema distribuidas en dos días con aplicación de 10,0 L reducidos progresivamente a 5,0 L de *AgroBacillus*, presentó la mayor efectividad, alcanzando una reducción del 74 %, equivalente a 90 UFC/g de suelo al final de los 60 días de evaluación (Figura 5).

En contraste, el tratamiento térmico de 2 horas con *AgroBacillus* de 7,5 L reducidos progresivamente a 2,5 L mostró la menor efectividad (reducción de 48 %). La prueba de Duncan ($\alpha = 0,05$) permitió agrupar los tratamientos en diferentes categorías estadísticas, señaladas con letras distintas en las figuras: tratamientos que comparten la misma letra no difieren significativamente entre sí (Tabla 3).

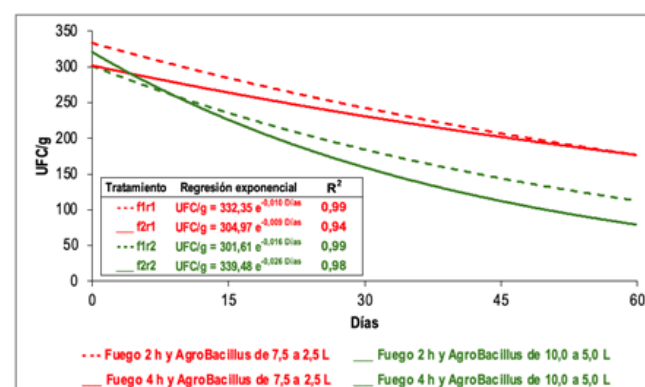


Figura 5. Reducción exponencial de *Ralstonia solanacearum* en el suelo.

Comportamiento en el tiempo

La dinámica de reducción bacteriana evidenció una tendencia descendente exponencial ($R^2 > 0,94$) a lo largo de los muestreos quincenales (Figura 5). Durante los primeros 15 días, los tratamientos que combinaron calor y *AgroBacillus* presentaron una mayor disminución de UFC/g, especialmente con 4 horas de exposición al fuego, alcanzando pendientes más pronunciadas. En contraste, los tratamientos con menor tiempo de calor mostraron una reducción más lenta, manteniendo valores más elevados de la población bacteriana a lo largo del ensayo.

Interacción tratamiento térmico - *AgroBacillus*

La combinación de 4 horas de quema y 10,0 L reducidos a 5,0 L de *AgroBacillus* generó condiciones favorables para la supresión de *R. solanacearum*, al reducir la población inicial del patógeno y, simultáneamente, favorecer la colonización del suelo por microorganismos benéficos presentes en el lixiviado. Esta sinergia

se reflejó en reducción de 74 %, significativamente más altas que las observadas en tratamientos aplicados de forma individual (Figura 6).

Tabla 1. Análisis químico del *AgroBacillus* elaborado en Vines, Provincia de los Ríos

pH	mg/L									
	N	P	K	Ca	Mg	S	B	Fe	Mn	Zn
5,3	245	183	14000	54	32	71	1,1	4,2	2,2	0,3

Fuente: Laboratorio de Alemania, 2021

Tabla 3. Efecto de los tratamientos térmicos y *AgroBacillus* sobre la población de *Ralstonia solanacearum* en suelo.

Tratamiento	Descripción	UFC/g		Reducción %	G. Estadístico Duncan ($\alpha = 0,05$)
		Inicial	Final		
f1r1	2 horas de quema + <i>AgroBacillus</i> 7,5 L a 2,5 L	330	172	48	a
f1r2	2 horas de quema + <i>AgroBacillus</i> 10,0 L a 5,0 L	301	109	64	b
f2r1	4 horas de quema + <i>AgroBacillus</i> 7,5 L a 2,5 L	304	185	39	a
f2r2	4 horas de quema + <i>AgroBacillus</i> 10,0 L a 5,0 L	343	90	74	c

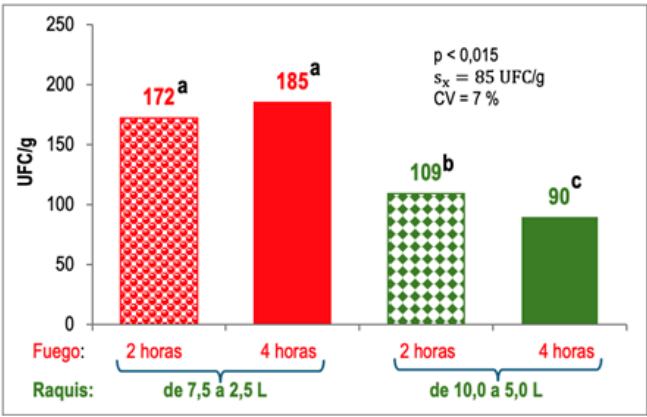


Figura 6. Recuento de *R. Solanacearum* para la interacción tratamiento térmico por *AgroBacillus*

■ DISCUSIÓN

Caracterización del *AgroBacillus*

El *AgroBacillus* utilizado (Tabla 1) presentó un pH ácido (5,3) y elevadas concentraciones de potasio, nitrógeno y fósforo, lo que explica su acción como biofertilizante. El aislamiento microbiológico (Tabla 2) evidenció la predominancia de *B. subtilis*, reconocida por la producción de metabolitos antimicrobianos (iturina, fengicina, bacitracina)

Tabla 2. Aislamiento bacteriano mediante tinción de Gram

Colonia	Color	Morfología	Identificación
Colonia 1	Amarillo	Cocos, Gram +	<i>Bacillus</i> spp.
Colonia 2	Crema	Cocos, Gram +	<i>Bacillus</i> spp.
Colonia 3	Blanca	Cocos, Gram +	<i>Bacillus</i> spp.

Fuente. Laboratorio de Sanidad Vegetal, Universidad Nacional de Loja, junio, 2024

y su capacidad para inducir resistencia sistémica en plantas (Miljaković & Balešević-Tubić, 2020; Khan et al., 2022; Parra-Cota et al., 2024). En consecuencia, la reducción de *R. solanacearum* observada puede atribuirse tanto a la acción directa de estos compuestos antibacterianos como a la competencia ejercida por rizo bacterias benéficas.

Reducción de la carga bacteriana

El tratamiento combinado de 4 h de quema y 10 L reducidos a 5 L de *AgroBacillus* alcanzó una reducción del 74 % (90 UFC/g de suelo), superando lo reportado en estudios internacionales donde lixiviados no enriquecidos disminuyeron la población de *R. solanacearum* en un 32 % (Arenas et al., 2004). Esta diferencia confirma la sinergia entre el efecto térmico y el lixiviado, que no solo reduce la carga inicial del patógeno, sino que también favorece condiciones edáficas propicias para la colonización de microorganismos benéficos como *Bacillus subtilis* y actinomicetos (Pedraza et al., 2020; Yáñez-Guzmán et al., 2021; Fonseca et al., 2024; Ali et al., 2025). De manera similar, en cultivos como tomate, lechuga y pimiento, el uso

Vásquez, E., Stavrinoudis-Xenon, A. (2026). Reducción de la Carga Bacteriana de *Ralstonia solanacearum* mediante Lixiviado de Banano con Potencial Bactericida. *Bosques Latitud Cero*, 16(1), 90-98. <https://doi.org/10.54753/blc.v16i1.2532>

de lixiviados ha demostrado mejorar la estructura y funcionalidad biológica del suelo (Cordero-Rojas, 2023; Ortiz-Villavicencio, 2023).

Comparación con otros estudios

El efecto supresor del calor coincide con lo señalado por Bonanomi et al. (2008) y Speranza et al. (2020), quienes destacan la influencia de la temperatura y la duración de la exposición en la inactivación de patógenos edáficos. Asimismo, la interacción tratamiento térmico-*AgroBacillus* concuerda con Caicedo et al. (2020) y Vásquez et al. (2025), quienes documentaron un mejor desarrollo radicular y menor incidencia de enfermedades tras aplicar bioinoculantes en hortalizas, café y tomate.

Perspectiva agroecológica

Desde una visión agroecológica, la combinación de tratamientos térmicos y *AgroBacillus* constituye una estrategia sostenible y de bajo impacto ambiental, ya que aprovecha residuos agrícolas, disminuye la dependencia de agroquímicos sintéticos y fortalece la capacidad supresiva del suelo (FAO, 2012; Parra-Cota et al., 2024; Vásquez et al., 2024). Estos resultados refuerzan el potencial del lixiviado como bioinsumo multifuncional, al integrar propiedades biofertilizantes, bioestimulantes y de biocontrol.

CONCLUSIONES

El tratamiento térmico de 4 horas, combinado con *AgroBacillus* en dosis de 10,0 L reducidos a 5,0 L, logró la mayor reducción de *Ralstonia solanacearum* Raza 2 (74 %), superando significativamente los tratamientos individuales.

La eficacia observada se explica por la sinergia entre el calor y los microorganismos benéficos presentes en el *AgroBacillus*, principalmente *Bacillus subtilis*, que favorecen la supresión del patógeno y la recuperación de la microbiota edáfica.

Los resultados confirman que el uso integrado de *AgroBacillus* y tratamiento térmico constituye una alternativa agroecológica viable para el manejo del

moko del banano, contribuyendo a la valorización de residuos agrícolas y a la sostenibilidad de los sistemas productivos.

AGRADECIMIENTO

De manera especial a Don Fernando Coello, Técnico especialista en banano con 35 años de experiencia y propietario de la Hacienda San Antonio, donde se desarrolló el experimento.

CONTRIBUCIÓN DE AUTORES

E.R.V.: Conceptualización, Investigación, Metodología, Análisis formal, Curación de datos, Escritura y Supervisión; A.S.X.: Conceptualización, Investigación, Metodología.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Ali, D. F. I., El-Nahrawy, S., El-Zawawy, H. A. H., & Omara, A. E. (2025). Effective applications of *Bacillus subtilis* and *B. amyloliquefaciens* as biocontrol agents of damping-off disease and biostimulation of tomato plants. *Stresses*, 5(1), Article 1. <https://surl.li/vghsgu>
- Alzate-Acevedo, S., Díaz Carrillo, Á. J., Flórez-López, E., & Grande-Tovar, C. D. (2021). Recovery of Banana Waste-Loss from Production and Processing: A Contribution to a Circular Economy. *Molecules* (Basel, Switzerland), 26(17), 5282. <https://surl.li/hlroury>
- Andrade-Quñones, Y. P., Hidalgo-Nieto, A. M., & Herrera-Baquero, C. A. (2019). Caracterización de lixiviados generados del raquis de plátano (*Musaceae paradisiaca* L.). *Revista Sistemas de Producción Agroecológicos*, 10(1), 18–47. <https://surl.li/ccdfslsp>
- Arenas, A., López, D., Álvarez, E., Llano, G., & Loke, J. (2004). Efecto de prácticas ecológicas sobre la población de *Ralstonia solanacearum* Smith, causante de moko de plátano. *Fitopatología Colombiana*, 28(2), 76–80. <https://lc.cx/SzAJWU>
- Blanco, G., Linares, B., Hernández, J. M., Rincón, A., Ortega, R., Medina, E., Hernández, L., & Morillo, J. (2013). Caracterización química de lixiviados de pseudotallos y láminas foliares

- Vásquez, E., Stavrinoudis-Xenon, A. (2026). Reducción de la Carga Bacteriana de *Ralstonia solanacearum* mediante Lixiviado de Banano con Potencial Bactericida. *Bosques Latitud Cero*, 16(1), 90-98. <https://doi.org/10.54753/blc.v16i1.2532>
- de plátano «Hartón» en el estado Yaracuy. *Agronomía Tropical*, 63(3-4), 121-134. <https://n9.cl/gwihr7>
- Bonanomi, G., Chiurazzi, M., Caporaso, S., Del Sorbo, G., Moschetti, G., & Felice, S. (2008). Soil solarization with biodegradable materials and its impact on soil microbial communities. *Soil Biology and Biochemistry*, 40(8), 1989-1998. <https://surl.lu/zkplfh>
- Caicedo, W., Viáfara, D., Pérez, M., Alves-Ferreira, F. N., Rubio, G., Yanza, R., Caicedo, L., Valle, S., & Motta-Ferreira, W. (2020). Características químicas del ensilado de raquis de plátano (*Musa paradisiaca*) y banano orito (*Musa acuminata* AA) tratado con suero de leche y urea. *Revista de Investigaciones Veterinarias del Perú*, 31(4), e19035. <https://surl.lu/ijccre>
- Cárdenas-Calvachi, G. L., & Sánchez Ortiz, I. A. (2013). Nitrógeno en aguas residuales: Orígenes, efectos y mecanismos de remoción para preservar el ambiente y la salud pública. *Universidad y Salud*, 15(1), 72-88. <https://n9.cl/4ajc4>
- Chávez-Estudillo, V., Valencia-Ordoñez, A., Córdova-Nieto, C., Flores-Estevéz, N., Jarillo-Rodríguez, J., & Noa-Carrazana, J. C. (2017). Lixiviados de raquis de plátano: Obtención y usos potenciales. *Cuadernos de Biodiversidad*, 53, Article 53. <https://surl.li/znixza>
- Ortiz-Rojas, F. K. (2023). Producción agroecológica de lechuga (*Lactuca sativa* L.) y pimiento (*Capsicum annuum* L.) con la aplicación de biofertilizantes resultado de la simbiosis *Azolla-Anabaena* y lixiviado de raquis de banano [Tesis de maestría, Universidad Nacional de Loja]. Repositorio UNL. <https://n9.cl/wl6fr>
- Elphinstone, J. G., Hennessey, J., Wilson, J. K., & Stead, D. E. (1996). Sensitivity of different methods for the detection of *Ralstonia solanacearum* in potato tuber extracts. *EPPO Bulletin*, 26(3-4), 663-678. <https://surl.li/tgsewc>
- FAO. (2012). El estado de los recursos de tierras y aguas del mundo para la alimentación y la agricultura. Mundi-Prensa. <https://n9.cl/3te9e>
- Fonseca, J. S., Souza, T. A. F., Oliveira, A. R. M., Oliveira, F. F. M., Rocha, C. S., & Lopes, C. A. (2024). Amazonian bacteria from river sediments as a biocontrol agent against *Ralstonia solanacearum*. *Microorganisms*, 12(7), 1364. <https://surl.li/jrhmsm>
- Glick, B. R. (2012). Plant growth-promoting bacteria: Mechanisms and applications. *Scientifica*, 2012, 963401. <https://n9.cl/6dk3o7>
- González-León, Y., Ortega-Bernal, J., Anducho-Reyes, M. A., & Mercado-Flores, Y. (2022). *Bacillus subtilis* y *Trichoderma*: Características generales y su aplicación en la agricultura. *TIP. Revista especializada en ciencias químico-biológicas*, 25, e520. Epub 26 de junio de 2023. <https://surli.cc/cuqsbb>
- Gutiérrez-Cedillo, J. G., Aguilera-Gómez, L. I., & González-Esquivel, C. E. (2008). Agroecología y sustentabilidad. *Convergencia*, 15(46), 51-87. <https://n9.cl/ur8o5>
- INIAP. (2023). Sintomatología y reconocimiento del moko (*Ralstonia solanacearum* Raza 2) en musáceas. <https://n9.cl/265yc>
- Khan, A. R., Mustafa, A., Hyder, S., Valipour, M., Rizvi, Z. F., Gondal, A. S., Yousuf, Z., Iqbal, R., & Daraz, U. (2022). *Bacillus* spp. as bioagents: Uses and application for sustainable agriculture. *Biology*, 11(12), Article 1763. <https://surl.li/ddsmzj>
- Miljaković, D., Marinković, J., & Balešević-Tubić, S. (2020). The Significance of *Bacillus* spp. In Disease Suppression and Growth Promotion of Field and Vegetable Crops. *Microorganisms*, 8(7), 1037. <https://surli.cc/nwgoon>
- Ortiz-Villavicencio, H. A. (2023). Producción agroecológica de lechuga (*Lactuca sativa* L.) en condiciones hidropónicas con la aplicación de biofertilizantes resultado de la simbiosis *Azolla-Anabaena* y lixiviado de raquis de banano [Tesis de maestría, Universidad Nacional de Loja]. Repositorio UNL. <https://n9.cl/wtnh22>
- Parra-Cota, F. I., Bruno, I., García-Montelongo, M., González-Villarreal, S., Villarreal-Delgado, M. F., Córdova-Albores, L. C., Escalante-Beltrán, A., & de los Santos-Villalobos, S. (2024). El género *Bacillus* como agente de control biológico de plagas y patógenos para una agricultura sostenible. *Revista Mexicana de Fitopatología*, 42(4), 39. <https://surli.cc/mfyfex>

- Vásquez, E., Stavrinoudis-Xenon, A. (2026). Reducción de la Carga Bacteriana de *Ralstonia solanacearum* mediante Lixiviado de Banano con Potencial Bactericida. *Bosques Latitud Cero*, 16(1), 90-98. <https://doi.org/10.54753/blc.v16i1.2532>
- Pedraza, L. A., López, C. E., & Uribe-Vélez, D. (2020). Mecanismo de acción de *Bacillus* spp. (Bacillaceae) contra microorganismos fitopatógenos durante su interacción con plantas. *Acta Biológica Colombiana*, 25(1), 112–125. <https://n9.cl/fqot5>
- Saquicela-Cruz, P. S., Romanova, E. V., Guamán-Guamán, R. N., Ulloa-Cortázar, S. M., & Villavicencio-Abril, A. F.. (2023). Caracterización morfológica y bioquímica de *Ralstonia solanacearum* raza 2, bacteria patógena en cultivos de banano y plátano en El Carmen, Manabí, Ecuador. *Siembra*, 10(1), e4305. <https://lc.cx/QryuoT>
- Speranza, P., Ceccherini, M. T., Memoli, V., Maisto, G., Pietramellara, G., Barile, R., & De Marco, A. (2020). Effects of different vegetation types on burnt soil properties and microbial communities. *International Journal of Wildland Fire*, 29(8), 628–636. <https://surl.li/qlhkaf>
- Tanaka, E., Umeki, D., Kido, S., Makishima, R., Tamaki, Y., Murakami, T., Fujiwara, M., & Saijo, Y. (2024). Biocontrol of bacterial wilt disease using plant-associated bacterial communities in tomato. *bioRxiv*, 2024.09.14.613082. <https://surl.li/oxhlye>
- Vásquez, E., Abad-Calva, G., & Moreno-Cruz, J. (2025). Impacto del lixiviado de raquis de banano en el cultivo de lechuga. *Bosques Latitud Cero*, 15(1), 81-91. <https://surl.li/sghdyc>
- Vasques, N. C., Oliveira, A. C., de Souza, P. R., & Rodrigues, F. A. (2024). Increasing application of multifunctional *Bacillus* for plant disease suppression and growth promotion: Insights from siderophore-producing *Bacillus subtilis* against *Ralstonia solanacearum* in tomato. *Agronomy*, 14(8), 1654. <https://surl.li/lbhnda>
- Vivas-Cedeño, J. S.; González-Dávila, R. P.; López-Mejía, F. X.; Tacuri-Troya, E. T. & Palacios-Alcívar, E. E. (2022). Manejo integral de la producción de plátano. Informe técnico sobre bioestimulantes, lixiviado de raquis y *Trichoderma*. Mawil. <https://surl.li/dlxzjk>