

# MICROBIOTA EDÁFICA EN LOTES DE PLÁTANO CON VIGOR CONTRASTANTE Y SU RELACIÓN CON PROPIEDADES DEL SUELO

Hebandreyna González-García<sup>1</sup>, Ana F. González Pedraza<sup>2</sup>, Maryori Pineda Zambrano<sup>1</sup>, Horci Escalante-García<sup>3</sup>, Gustavo Rodríguez-Yzquierdo<sup>4</sup> y Aníbal Soto-Bracho<sup>5</sup>

## RESUMEN

Los organismos edáficos son responsables en la regulación de procesos biológicos, como la mineralización y la reparación biológica del suelo. Con el propósito de cuantificar la microbiota del suelo cultivado con plátano cv Hartón en el Sur del Lago de Maracaibo, se seleccionaron siete unidades de producción con lotes de plantas de alto y bajo vigor (AV y BV). En cada parcela se seleccionaron 20 plantas a las que se determinó el número de manos por racimo, circunferencia de la planta madre y altura del hijo de sucesión. Igualmente, se realizaron muestreos de suelos a 15 cm de profundidad para cuantificar las UFC de hongos, bacterias y actinomicetos, así como propiedades físicas, químicas y biológicas del suelo. Variables como la densidad aparente, contenido de partículas finas, materia orgánica, y carbono y coeficiente microbiano, resultaron favorables para los lotes AV. En general, no hubo diferencias estadísticas en las UFC de hongos y bacterias entre lotes de vigor; sin embargo, hubo diferencias para los actinomicetos, los cuales resultan importantes para determinar dinámicas en el suelo y favorecer el vigor en plantas de plátano bajo las condiciones del estudio.

**Palabras clave adicionales:** Actinomicetos, actividad microbiana, Hartón, microbiota, *Musa* AAB

## ABSTRACT

### Edaphic microbiota in plantain lots of contrasting vigor and relationships with soil properties

Edaphic organisms are responsible for regulation of biological processes, including mineralization and biological repair of the soil. In order to quantify the microbiota of the soil cultivated with plantain cv Harton in the South Maracaibo Lake, seven production units with lots of high (HV) and low vigor (LV) plants were selected. The number of hands per bunch, circumference of the mother plant and height of the succession sucker in 20 plants of each plot were measured. Likewise, soil samples at 15 cm depth were taken to quantify UFC of fungi, bacteria and actinomycetes, as well as soil physical, chemical and biological properties. Variables such as bulk density, fine particles content, organic matter, microbial carbon and microbial coefficient came out to be favorable in lots of HV plants. In general, no statistical differences in UFC of fungi and bacteria were observed between vigor lots; however, there were differences between HV and LV lots for actinomycetes, which result important organisms to determine dynamics in the soil and favor vigor of plantain plants under the study conditions.

**Additional Keywords:** Actinomycetes, Harton, microbial activity, microbiota, *Musa* AAB

## INTRODUCCIÓN

El cultivo de plátano en Venezuela representa el

renglón más importante dentro de la fruticultura nacional, con 62.447 ha y un rendimiento de 12,01 Mg·ha<sup>-1</sup> (FAOSTAT, 2019). La zona Sur del Lago

Recibido: Septiembre 7, 2020

Aceptado: Febrero 24, 2021

<sup>1</sup> Programa de Ingeniería de la Producción Agropecuaria. Universidad Nacional Experimental Sur del Lago “Jesús María Semprum Santa Bárbara, estado Zulia. Venezuela. e-mail: [gonzalezh@unesur.edu.ve](mailto:gonzalezh@unesur.edu.ve) (autor de correspondencia); [pinedamc@unesur.edu.ve](mailto:pinedamc@unesur.edu.ve)

<sup>2</sup> Facultad de Ciencias Agrarias, Grupo de Investigación en Agricultura y Ganadería Sostenibles (GIAS). Universidad de Pamplona. Pamplona, Norte de Santander, Colombia. e-mail: [anagonzalez11@gmail.com](mailto:anagonzalez11@gmail.com).

<sup>3</sup> Postgrado de Agronomía. Universidad Centroccidental Lisandro Alvarado. Apdo. 400. Barquisimeto. Venezuela. e-mail: [horciescalante@ucla.edu.ve](mailto:horciescalante@ucla.edu.ve)

<sup>4</sup> Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria AGROSAVIA. Departamento de Semillas. Sede Central, Mosquera, Cundinamarca. Colombia. [grodriguez@agrosavia.co](mailto:grodriguez@agrosavia.co)

<sup>5</sup> Universidad Nacional Experimental Sur del Lago “Jesús María Semprum” (UNESUR). Programa de Administración de Empresas Agropecuarias. Santa Bárbara, estado Zulia. Venezuela. e-mail: [sotoa@unesur.edu.ve](mailto:sotoa@unesur.edu.ve)

de Maracaibo, ha contribuido con alrededor del 70 % de la producción total nacional, siendo adicionalmente la región con mayor desarrollo de tecnología y productividad de este cultivo en el país (Rodríguez et al., 2012).

Se han realizado diferentes estudios en musáceas (bananos y plátanos) para identificar aquellas propiedades que determinan la salud y calidad del suelo. En tal sentido, se han detectado diferentes limitantes edáficas en distintos sistemas productivos, siendo las variables de orden biológico las que mayormente determinan dinámicas que favorecen el buen desarrollo y rendimiento de cultivos de banano y plátano (Delgado et al., 2010; Olivares et al., 2020).

Los hongos, bacterias y actinomicetos del suelo desempeñan distintas funciones, por lo cual se señalan como alternativas en manejo de sistemas agrícolas como microorganismos eficientes en formulaciones de bioproductos (Feijoo, 2016; Meena y Meena, 2017). El carbono microbiano y su coeficiente metabólico son propiedades importantes que determinan la eficiencia de su acción.

Por su parte, la eficiencia de estos microorganismos, está afectada por propiedades físicas del suelo como la porosidad, dada su vinculación con la disponibilidad de oxígeno y humedad. También de parámetros químicos como el pH y la materia orgánica; particularmente los medios ácidos favorecen a los hongos pero no a las bacterias, pero ambos microorganismos se benefician con contenidos altos de materia orgánica (Acuña et al., 2006).

El objetivo del presente trabajo fue cuantificar la microbiota del suelo en lotes de producción de plátano con vigor contrastante (alto y bajo vigor) y relacionarla con propiedades físicas, químicas y biológicas del suelo.

## MATERIALES Y MÉTODOS

**Área de estudio.** El estudio se llevó a cabo en diferentes fincas o unidades de producción ubicadas entre el km 35 y el km 41 de los sectores El Uvito, Bancada de Limones, Caño Negro y Cuatro Bocas de la parroquia el Moralito, municipio Colón del estado Zulia, Venezuela. Esta zona se encuentra a una altitud de 8 msnm y cuenta con una precipitación acumulada anual que varía de 1200 a 1500 mm, temperatura promedio anual de 38 °C y humedad relativa media de 85 %.

**Sitios de muestreo.** Se seleccionaron siete unidades de producción con plátano de tres años de edad, plantados a 2x2 m, y se procedió a delimitar parcelas de 20 m x 50 m (1000 m<sup>2</sup>) por cada lote de vigor en cada finca.

**Criterios para la selección de plantas de alto y bajo vigor.** La selección de lotes con plantas de alto y bajo vigor se realizó tomando el criterio señalado por Rodríguez y Rodríguez (1998), quienes señalan que valores de circunferencia del pseudotallo de la planta madre por encima de 76,36 cm en promedio y siete manos por racimo, pueden ser consideradas como el arquetipo ideal de la cepa madre de elevada productividad del plátano Hartón en Venezuela.

Dentro de cada parcela se seleccionaron 20 plantas con racimos próximos a ser cosechados, que fueron marcados con cintas, a las que se les determinó los siguientes parámetros de vigor: número de manos (conjunto de dedos o plátanos) por racimo, circunferencia del pseudotallo de la planta madre y altura del hijo de sucesión, parámetros que están altamente correlacionados con la producción o vigor de plantaciones de musáceas (Delgado et al., 2010).

La circunferencia del pseudotallo de la planta madre, se evaluó al momento de la floración, desde la base del suelo hasta los 100 cm de altura, utilizando para ello una cinta métrica. Al momento de la cosecha, se midió la altura del hijo de sucesión, realizando esta medida desde el nivel del suelo hasta la inserción del pseudopetiole de la última hoja expandida con la hoja candela. Ya en el racimo, se procedió a contar todas las manos, obteniéndose su número por racimo.

**Muestreo de suelos.** Dentro de cada lote de vigor por finca se eligieron tres sitios y a su vez se muestrearon 3 plantas de plátano en floración para cada sitio seleccionado. Luego, a 10 cm frente al hijo de sucesión se realizó una excavación hasta 15 cm de profundidad para obtener aproximadamente 1 kilogramo de suelo por punto de muestreo. Las muestras fueron transportadas a los laboratorios de Suelos y de Microbiología y Fitopatología de la Universidad Nacional Experimental Sur del Lago.

### Variables evaluadas

- Propiedades físicas: textura y densidad aparente. Adicionalmente, se midió el contenido de humedad puntual en la muestra de suelo.
- Propiedades químicas: contenido de materia orgánica y pH.

- Propiedades biológicas: carbono microbiano, coeficiente microbiano y coeficiente metabólico. Adicionalmente, se cuantificó la presencia de hongos endofíticos, bacterias y actinomicetos.

Para la determinación e identificación de los microorganismos, se tomó en cuenta la técnica de los platos de dilución, para lo cual las muestras de suelo se homogeneizaron y separaron en dos partes iguales (submuestras), se tomaron bloques de suelo que contenían raíces de plantas y se dispersaron tratando en lo posible de no dañar las raíces, a las cuales se les removió suavemente el suelo superficial. Luego se colocaron 10 g de suelo en una fiola de 250 mL de capacidad que contenía 90 mL de agua destilada estéril (ADE). Se agitó la suspensión vigorosamente durante 10 minutos, y a partir de la solución madre se procedió a preparar las diluciones decimales seriadas hasta  $10^{-6}$  en tubos de ensayo que contenían 9 mL de ADE.

Asimismo, de la suspensión de cada dilución ( $10^{-5}$ ) se tomaron alícuotas de 0,5 mL y se dispersaron en platos de Petri que contenían el medio de cultivo papa dextrosa agar reducido (PDA) por triplicado. El PDA reducido contenía 80 g de papa, 15 g de agar y 5 g dextrosa. Inmediatamente, se procedió a incubar los platos de Petri con el inóculo dispersado, sellado con cinta de papel adherente e identificados, a temperatura ambiente (28-30 °C) durante 5 días. Transcurrido el tiempo de incubación, se procedió a realizar el conteo y caracterización de las colonias, para el caso de bacterias y actinomicetos se realizó entre las 48 y 72 horas; para los hongos se realizó a los 5 días. Además, se llevó a cabo el aislamiento de las colonias en platos de Petri con PDA reducido. Para la identificación de la especie de *Fusarium* se utilizó la clave de Nelson et al. (1983).

Finalmente, se hicieron observaciones y cuantificación del número de unidades formadoras de colonias (UFC) de los microorganismos aislados.

**Diseño experimental.** El diseño experimental utilizado fue completamente aleatorizado con dos tratamientos (alto y bajo vigor), siete repeticiones (unidades de producción), tres puntos de muestreo por sitio de vigor y tres plantas por punto. Obtenidos los resultados de campo y laboratorio se procedió a realizar un análisis de varianza y prueba de comparación de medias de Tukey, mediante el programa Statistix versión 8,0.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

**Vigor de las plantas.** Los tres rasgos de vigor empleados para evaluar las plantas de plátano (altura de la planta, altura del hijo de sucesión y número de manos por racimo) mostraron una clara separación entre las plantas de alto y bajo vigor, con diferencias estadísticamente significativas entre ellas ( $P \leq 0,05$ ) (Cuadro 1). Este tipo de diferenciación en función de los rasgos estudiados también ha sido reportado por González et al. (2014) y por Rodríguez et al. (2018), ambos con el plátano Hartón.

**Características del suelo en ambos lotes de vigor.** En el Cuadro 2 se presenta el resultado de comparar las características físicas, químicas y biológicas del suelo en los lotes de plantas con alto y bajo vigor.

En cuanto a los aspectos físicos y texturales del suelo, en los lotes de mayor vigor se encontró un mayor contenido de limo y menor contenido de arena ( $P \leq 0,05$ ), con lo cual puede atribuirse a estos suelos a una mayor capacidad de retención de humedad, lo cual debe repercutir en el vigor de las plantas las cuales se conocen como muy dependientes de alta humedad en el suelo. Lo anterior, guarda relación con el menor contenido de humedad encontrado en el suelo con plantas de bajo vigor. Una humedad apropiada ayuda a mantener condiciones favorables para la actividad microbiana (Monsalve et al., 2017).

En el caso de la densidad aparente, ésta es mayor en los suelos con plantas de bajo vigor ( $1,33 \text{ Mg}\cdot\text{m}^{-3}$ ), reflejando cierta condición de compactación. Los valores críticos reportados para el desarrollo de raíces en musáceas indican una densidad aparente límite de  $1,25 \text{ Mg}\cdot\text{m}^{-3}$  para suelos de textura media (Rodríguez y Lobo, 2004; Rodríguez, 2009), tal como la de los suelos en estudio (suelos franco-limosos). Por su parte, los suelos de lotes con alto vigor mostraron valores menos limitantes ( $1,22 \text{ Mg}\cdot\text{m}^{-3}$ ). La alta densidad aparente se asocia con la disminución en la proporción de macroporos, los cuales son necesarios para favorecer la aireación en el suelo y, por lo tanto, el oxígeno necesario para la actividad microbiana (Tate, 2000; Yang et al., 2017).

En cuanto a las propiedades químicas, el suelo del lote con plantas de alto vigor presentó mayor contenido de materia orgánica. Esta condición favorece la cantidad y actividad de los

microorganismos del suelo, lo cual trae como consecuencia otros procesos adicionales de mejora en cuanto a mineralización del carbono orgánico (Horwat, 2017; El-Gendy et al., 2017) y del nitrógeno (Grajo et al., 2017; Kakraliya y Singh, 2018), junto al concomitante efecto esperado sobre el vigor de las plantas.

Por su parte, la relación carbono/nitrógeno de ambos lotes presentó valores muy altos ( $> 170$ ), lo que indica que la materia orgánica presente en esos suelos es de lenta o difícil mineralización (Jenkinson, 1981). El punto de equilibrio entre la

mineralización y la inmovilización neta de nitrógeno en el suelo se corresponde con valores de C/N de 20-40 (Seneviratne, 2000; Qian y Schoenau, 2002), o alrededor de 15 según Gilmour (1998). Se intuye, entonces, que la presencia de microorganismos es importante para dinamizar los procesos inherentes a la mineralización, así como generar condiciones que favorezcan una alta actividad microbiana.

El pH de los suelos resultó ligeramente ácido (5,87-6,01) sin diferencias entre ambos lotes de vigor ( $P > 0,05$ ).

**Cuadro 1.** Indicadores de vigor utilizados en el ensayo en los diferentes lotes de plantas de plátano

| Vigor de plantas               | Número de manos por racimo | Circunferencia de la planta madre (cm) | Altura del hijo de sucesión (m) |
|--------------------------------|----------------------------|--|---------------------------------|
| Alto vigor                     | 7,50 ± 0,97 a              | 66,86 ± 8,29 a                         | 2,56 ± 0,53 a                   |
| Bajo vigor                     | 4,96 ± 0,89 b              | 59,44 ± 9,16 b                         | 2,03 ± 0,48 b                   |
| Probabilidad (prueba de Tukey) | $P \leq 0,05$              | $P \leq 0,05$                          | $P \leq 0,05$                   |

**Cuadro 2.** Características físicas, químicas y biológicas en suelos con plantas de plátano de alto y bajo vigor

| Características  | Vigor de las plantas |                |
|--|----------------------|----------------|
|  | Alto                 | Bajo           |
| Limo (%)   | 77,54 ± 0,11 a       | 63,54 ± 0,40 b |
| Arcilla (%)  | 4,79 ± 0,20 a        | 4,81 ± 0,22 a  |
| Arena (%)  | 17,66 ± 0,48 b       | 31,66 ± 0,47 a |
| Humedad puntual (%)  | 20,11 ± 0,23 a       | 15,46 ± 0,19 b |
| Densidad aparente (Mg·m <sup>-3</sup> )  | 1,22 ± 0,10 a        | 1,33 ± 0,09 b  |
| Materia orgánica (%)   | 7,80 ± 2,93 a        | 5,96 ± 2,45 b  |
| pH   | 5,87 ± 0,05 a        | 6,01 ± 0,06 a  |
| Carbono microbiano (mg·kg <sup>-1</sup> suelo)   | 12,46 ± 1,01 a       | 9,52 ± 0,98 b  |
| Coefficiente microbiano (Cmic·COT <sup>-1</sup> )(%)   | 5,42 ± 0,76 a        | 3,62 ± 0,88 b  |
| Coefficiente metabólico (qCO <sub>2</sub> ) (mgC-CO <sub>2</sub> )·(mg Cmic·h) <sup>-1</sup> | 0,17 ± 0,05 a        | 0,13 ± 0,06 a  |

Medias seguidas por letras diferentes entre las columnas indican diferencias significativas según la prueba Tukey ( $P \leq 0,05$ )

Con relación a las propiedades biológicas, los resultados indican diferencias significativas entre lotes de vigor para las variables de carbono y coeficiente microbiano, observándose que la mayor actividad microbiana se presentó en el lote de alto vigor. Esto a su vez se relaciona con el mayor contenido de materia orgánica y mejores propiedades físicas del suelo, comparado con el lote de bajo vigor. En tal sentido, una disminución del coeficiente microbiano (Cmic·COT<sup>-1</sup>) estaría indicando pérdidas del C del suelo asociadas a una menor eficiencia en la utilización del sustrato por parte de los microorganismos (Anderson y Domsch, 1989). Este cociente es un indicador

sensible a los cambios en la materia orgánica del suelo y proporciona una idea de los niveles y calidad de ésta, así como del estado de degradación de los suelos (Hart et al., 1989).

El coeficiente metabólico (qCO<sub>2</sub>) no presentó diferencias significativas entre los lotes de alto o bajo vigor. El qCO<sub>2</sub> tiende a ser alto en ecosistemas sometidos a un nivel alto de estrés fisiológico, donde los organismos tienen que gastar una gran cantidad de energía por unidad de biomasa, posiblemente asociados con condiciones de estrés, lo que trae como consecuencia una menor eficiencia de los microorganismos; mientras que un qCO<sub>2</sub> bajo ha sido relacionado con una mayor

eficiencia microbiana (Paolini, 2017; Haider et al., 2020). Asimismo, en una evaluación reciente de la calidad de los suelos, Acevedo et al. (2021) encontraron que el  $qCO_2$  fue el indicador biológico que mejor reflejó la degradación diferencial de los suelos en la zona de Quíbor, en el estado Lara.

#### Hongos endofíticos, bacterias y actinomicetos.

La biodiversidad fúngica encontrada en los suelos estuvo representada por cuatro hongos fitopatógenos: *Aspergillus* sp., *Fusarium* spp., *Penicillium* sp. y *Trichoderma* sp. En general, la composición de la estructura microbiana, incluyendo el micelio estéril, no mostró diferencias significativas para las UFC de hongos y bacterias con relación al vigor de las plantas de plátano (Cuadro 3). No obstante, al considerar cada hongo de manera individual, se identificó mayor número de UFC de *Aspergillus* sp. en suelos con lotes de bajo vigor (Figura 1). El número de UFC de hongos encontradas, independientemente de los suelos cultivados con distinto vigor de plantas de plátano, fue menor al encontrado por Ulacio et al. (1997) y Pineda et al. (2009), lo cual podría atribuirse a las

características edafoclimáticas particulares de cada zona de muestreo.

Todos los géneros aislados corresponden a hongos comunes que se desarrollan en diferentes tipos de suelo (Domsch et al., 1980), y solo *Fusarium* spp. es señalado como patógeno del cultivo del banano (Román, 2012). En el estado Trujillo, cerca del 80 % de las plantaciones de banano, habían sido infectadas por *Fusarium oxysporum* f. sp. *cubense* (Foc) (Rodríguez, 2009).

Por su parte, la comunidad de ascomicetos presentó una notoria diferenciación entre los lotes de bajo y alto vigor ( $P \leq 0,05$ ), con mayor número de UFC en estos últimos (Cuadro 3). Los actinomicetos desempeñan distintas funciones en el suelo, y se señalan como responsables de acelerar el compostaje e intervenir en los procesos de formación de suelo inherentes a la mejora de la estructura (Morocho y Leiva, 2019). Igualmente, son importantes en la degradación de la materia orgánica y mineralización del nitrógeno, así en la solubilización y asimilación del hierro (Vurukonda et al., 2018; Chaurasia et al., 2018).

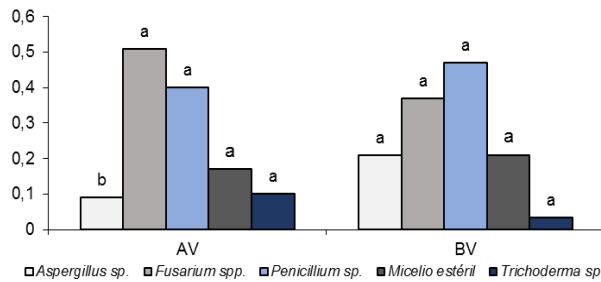
**Cuadro 3.** Unidades formadoras de colonia de hongos, bacterias y actinomicetos en suelos cultivados con plantas de plátano de diferente vigor (dilución de  $10^{-5}$ )

| Lotes de vigor de plantas      | Unidades formadoras de colonias de hongos | Unidades formadoras de colonias de bacterias | Unidades formadoras de colonias de actinomicetos |
|--------------------------------|---|--|--|
| Alto vigor                     | 1,29 ± 0,04 a                             | 9,74 ± 1,27 a                                | 0,88 ± 0,09 a                                    |
| Bajo vigor                     | 1,30 ± 0,03 a                             | 9,93 ± 1,18 a                                | 0,51 ± 0,07 b                                    |
| Probabilidad (prueba de Tukey) | $P \leq 0,05$                             | $P \leq 0,05$                                | $P \leq 0,05$                                    |

Nuestros resultados indican una mayor actividad microbiana y diferencias en la concentración de actinomicetos, por lo cual se pudiera inferir que este tipo de microorganismos juegan un rol diferenciador en los lotes de alto vigor del cultivo de plátano para favorecer mejores dinámicas en las propiedades biológicas del suelo. Esto a su vez se encuentra relacionado con algunas propiedades físicas y químicas del suelo que promueven mejores condiciones para el desarrollo y actividad de los microorganismos del suelo, tales como mayor retención de humedad, menor densidad aparente y mayor contenido de materia orgánica. Resultados similares del efecto de estas propiedades edáficas sobre los microorganismos han sido reportadas por Delin y Lindén (2002), Haney et al. (2015) y Morocho y Leiva (2019).

En función de lo anterior, las diferencias en la

condición de vigor contrastantes en el cultivo de plátano, bajo el mismo esquema de manejo del sistema productivo, en cierta medida puede ser explicado por algunas propiedades físicas, químicas y biológicas que son más favorables para el desarrollo de la planta, así como para las comunidades de microorganismos que habitan en el suelo. Adicionalmente, se encontró un grupo funcional de microorganismos en mayor cantidad y con valores mayores de variables asociadas a la actividad microbiana, en este caso actinomicetos. La literatura reporta para estos microorganismos una serie de funciones benéficas en el ecosistema, por lo cual se debe prestar mayor atención para generar esquemas de manejo del suelo orientados a favorecer las condiciones que promuevan cantidad y actividad de estos microorganismos.



**Figura 1.** Unidades formadoras de colonias de hongos aislados en suelos cultivados con plantas de plátano de diferente vigor. Columnas con letras distintas señalan diferencias estadísticas entre lotes de plantas ( $P \leq 0,05$ ). AV: Lotes de alto vigor. BV: Lotes de bajo vigor

### CONCLUSIONES

Se encontraron propiedades del suelo asociadas a la diferencia de vigor de lotes con plantas de plátano. En los lotes de alto vigor se destacan la menor proporción de arena, menor densidad aparente, y mayor contenido de materia orgánica. Estas propiedades a su vez pueden relacionarse con mejores condiciones para el desarrollo de microorganismos del suelo.

Se encontraron diferencias entre lotes de alto y bajo vigor asociadas a la concentración de actinomicetos en el suelo, siendo mayor en lotes de alto vigor. Existe una asociación entre las UFC de actinomicetos y la condición de vigor de la planta de plátano en los suelos de la zona sur del Lago de Maracaibo. No se halló asociación con las colonias de hongos y bacterias.

### LITERATURA CITADA

- Acevedo, I., A. Sánchez y B. Mendoza. 2021. Evaluación del nivel de degradación del suelo en dos sistemas productivos en la depresión de Quíbor. II. Calidad del suelo. *Bioagro* 33(2): 127-134.
- Acuña, O., W. Peña, E. Serrano, L. Pocasangre, F. Rosales, E. Delgado et al. 2006. La importancia de los microorganismos en la calidad y salud de suelos. *In: XVII. Reunião Internacional da Associação para a Cooperaciónas Pesquisas sobre Banana no Caribe e na América Tropical (ACORBAT)*. Santa Catarina, Brasil. pp. 222-232.
- Anderson, T. y K. Domsch. 1989. Application of eco-physiological quotients ( $qCO_2$  and  $qD$ ) on microbial biomass from soils of different cropping histories. *Soil Biology and Biochemistry*, 22: 251-255.
- Chaurasia, A., B. Meena, A. Tripathi, K. Pandey, Rai, A., y B. Singh. 2018. Actinomycetes: an unexplored microorganism for plant growth promotion and biocontrol in vegetable crops. *World Journal of Microbiology and Biotechnology* 34(9): 132.
- Delgado, E., F. Rosales, J. Trejos, M. Villalobos y L. Pocasangre. 2010. Índice de calidad y salud de suelos para plantaciones bananeras en cuatro países de América Latina y El Caribe. *Bioagro* 22(1): 53-60.
- Delin, S. y B. Lindén. 2002. Relations between net nitrogen mineralization and soil characteristics within an arable field. *Acta Agric. Scand. Sect. B Soil Plant Sci.* 52:78-85.
- El-Gendy, M. A., Al-Zahrani, S. H. y A.M.A El-Bondkly. 2017. Construction of potent recombinant strain through intergeneric protoplast fusion in endophytic fungi for anticancerous enzymes production using rice straw. *Applied Biochemistry and Biotechnology* 183(1): 30-50.
- FAOSTAT. 2019. Estadísticas producción de plátano. <http://www.fao.org/faostat/es/> (consulta de febrero 10, 2021).
- Feijoo, M.A. 2016. Microorganismos eficientes y sus beneficios para los agricultores. *Científica Agroecosistemas* 4(2): 31-40.
- Gilmour, J.T. 1998. Carbon and nitrogen mineralization during co-utilization of biosolids and composts. *In: S. Brown, J.S. Angle y L. Jacobs (eds.). Beneficial Co-utilization of Agricultural, Municipal, and Industrial By-products.* Kluwer Academic. Dordrecht, The Netherlands. pp. 89-112.
- González-Pedraza, A., J. Atencio, K. Cubillán, R. Almendrales, L. Ramírez y O. Barrios. 2014. Actividad microbiana en suelos cultivados con plátano (*Musa* AAB subgrupo plátano cv. Hartón) con diferente vigor de plantas. *Rev. Fac. Agron. (LUZ)* 31(suplemento 1): 526-538.
- Grajo, M. R., L.C. Villegas y A.D. Montecillo. 2017. Effect of organic fertilizer amina P on the yield of pineapple (*Ananas comosus* L. Merr.) and soil microbial population. *Philippine*

- Agricultural Scientist 100: 12-20.
13. Haider, M.Z., F. Saeed, A. Ali, Q. Ali, N. Habib, M.T. Javed et al. 2020. Involvement of microbes in different abiotic stress environments of cropping lands. *In: R. Roychowdhury, S. Choudhury, M. Hasanuzzaman and S. Srivastava (eds.). Sustainable Agriculture in the Era of Climate Change.* Springer, Berlin. pp. 441-479.
  14. Haney, C., B. Samuel, J. Bush y F. Ausubel. 2015. Associations with rhizosphere bacteria can confer an adaptive advantage to plants. *Nat. Plants* 1: 1-9.
  15. Hart, P., J. August y A. West. 1989. Long term consequences of topsoil mining on select biological and physical characteristics of two New Zealand loessial soils under grazed pasture. *Land Degradation & Development* 1(2): 77-88.
  16. Horwath, W.R. 2017. The role of the soil microbial biomass in cycling nutrients. *In: K.R. Tate (ed.). Microbial Biomass: A Paradigm Shift in Terrestrial Biogeochemistry.* World Scientific. London. pp. 41-66.
  17. Jenkinson, D.S. 1981. The fate of plant and animal residues in soil. *In: D.J. Greenland y M.H.B. Hayes (eds.). The chemistry of Soil Processes.* Wiley. New York. pp. 505-561.
  18. Kakraliya, M. y R. Singh. 2018. Effect of soil test crop response basis integrated nitrogen management on yield, quality and profitability of wheat (*Triticum aestivum* L.). *Journal of Pharmacognosy & Phytochemistry* 7(4): 532-534.
  19. Meena, S.K. y V.S. Meena. 2017. Importance of soil microbes in nutrient use efficiency and sustainable food production. *In: V.S. Meena, P. Kumar, J. Kumar y A. Pattanayak (eds.). Agriculturally Important Microbes for Sustainable Agriculture.* Springer. Singapore. pp. 3-23.
  20. Monsalve, D., J. Gutiérrez y W. Cardona. 2017. Factores que intervienen en el proceso de mineralización de nitrógeno cuando son aplicadas enmiendas orgánicas: Una revisión. *Revista Colombiana de Ciencias Hortícolas* 11(2): 200-209.
  21. Morocho, M., y M. Leiva-Mora. 2019. Microorganismos eficientes, propiedades funcionales y aplicaciones agrícolas. *Centro Agrícola* 46(2): 93-103.
  22. Nelson, P., Toussoun, T. y W. Marasas. 1983. *Fusarium* Species: Illustrated Manual for Identification. Pennsylvania State University Press. University Park, Pennsylvania, USA.
  23. Olivares, B., M. Araya, C. Acevedo, J.C. Rey, P. Cañete, F. Gianini et al. 2020. Relationship between soil properties and banana productivity in two main areas in Venezuela. *Journal of Soil Science and Plant Nutrition* 20: 2512-2524.
  24. Paolini, J. E. 2017. Actividad microbiológica y biomasa microbiana en suelos cafetaleros de los Andes venezolanos. *Terra Latinoamericana* 36: 13-22.
  25. Qian, P., y J. Schoenau. 2002. Availability of nitrogen in solid manure amendments with different C:N ratios. *Can. J. Soil Sci.* 82: 219-225.
  26. Rodríguez, G. 2009. Aspectos sobre la salud radical de banano en suelos de Venezuela. *Producción Agropecuaria* 2(1): 46-50.
  27. Rodríguez, G., J. Becerra, M. Betancourt, S. Alzate, T. Miranda, C. Pisco y H. Sandoval. 2018. Modelo productivo de plátano para los Llanos Orientales. CORPOICA. Bogotá. 216 p.
  28. Rodríguez, G., F. Leal y B. Naranjo. 2012. Situación actual de los cultivos frutales de mayor importancia en Venezuela. *Rev. Fac. Agron. (UCV) Alcance* 72(1): 195-209.
  29. Rodríguez, G. y D. Lobo. 2004. Desarrollo y distribución de raíces en tres clones de musáceas y su relación con las propiedades de un suelo lacustrino de la Cuenca del lago de Valencia. *Rev. Fac. Agron. (LUZ)* 21: 121-128.
  30. Rodríguez, V. y O. Rodríguez. 1998. Biometría de la cepa de plátano (*Musa* AAB subgrupo plátano cv. Hartón) en plantas con rendimientos superiores a 18 kilogramos por racimo, en Venezuela. *Rev. Fac. Agron (LUZ)* 15: 439-445.
  31. Seneviratne, G. 2000. Litter quality and nitrogen release in tropical agriculture: A synthesis. *Biol. Fertility Soils* 31: 60-64.
  32. Tate, R.L. 2000. *Soil Microbiology* (second ed.). Wiley. New York.
  33. Vurukonda, S.S., D. Giovanardi y E. Stefani.

2018. Plant growth promoting and biocontrol activity of *Streptomyces* spp. as endophytes. International Journal of Molecular Sciences 19(4): 952.

34. Yang, Z., Z. Jiang, H. Chung y R. Liu. 2017.

Assessing the impact of wood decay fungi on the modulus of elasticity of slash pine (*Pinus elliottii*) by stress wave non-destructive testing. International Biodeterioration & Biodegradation 117: 123-127.