

Variabilidad espacial de propiedades fisicoquímicas en suelos bananeros de Urabá-Colombia

Juan Perez-Zapata^{1*}; Laura Delgado-Bejarano¹; Jackson Osorio-Cardona¹; Miguel Bernal-Monterrosa¹; Sebastián Zapata-Henao¹

¹Centro de Investigaciones del banano (Cenibanano) - Augura. Colombia, conjunto residencial Los Almendros km4 vía Carepa-Apartadó. Carepa, Antioquia, Colombia.

***Autor de**

Correspondencia:

Juan Perez-Zapata
suelos@augura.com.co

Contribución:

Científica

Sección:

Manejo de Suelos y
Nutrición

Recibido:

15 Diciembre, 2023

Aceptado:

15 Enero, 2024

Publicado:

16 Abril, 2024

Cita:

Perez-Zapata J, Delgado-Bejarano L, Osorio-Cardona J, Bernal-Monterrosa M y Zapata-Henao S. 2024. Variabilidad espacial de propiedades fisicoquímicas en suelos bananeros de Urabá-Colombia. *Acorbat Revista de Tecnología y Ciencia* 1(1): 7
<https://doi.org/10.62498/AR.TC.2407>

RESUMEN

La productividad del cultivo de banano en Urabá, Colombia, ha disminuido en los últimos años, atribuible a la degradación de los suelos. En este estudio, se evaluó el comportamiento espacial de las propiedades del suelo con el propósito de optimizar la rentabilidad del cultivo haciendo uso de la agricultura de precisión, basados en los datos obtenidos por Cenibanano. Se analizó la acidez, textura y resistencia a la penetración del suelo, encontrando en gran parte de la región niveles de acidez inadecuados producto de prácticas agronómicas. La textura varía en función de los afluentes naturales. La resistencia a la penetración aumenta con la profundidad y se relaciona con el manejo agronómico.

Palabras clave: agricultura de precisión, *Musa* spp., productividad, comportamiento espacial, Nutrición.

ABSTRACT

The productivity of banana cultivation in Urabá, Colombia, has decreased in recent years, attributable to soil degradation. This study assessed the spatial behavior of soil properties with the aim of optimizing crop profitability through precision agriculture, based on data obtained from Cenibanano. Soil acidity, texture, and penetration resistance were analyzed, revealing inadequate acidity levels in much of the region due to agronomic practices. Texture varies according to natural water sources. Penetration resistance increases with depth and is related to agronomic management.

Keywords: precision agriculture, *Musa* spp., productivity, spatial behavior, Nutrition.



INTRODUCCIÓN

El banano (*Musa* spp.) es una de las frutas más comercializadas y consumidas en fresco a nivel mundial, donde Colombia ocupa el cuarto lugar los principales países exportadores de banano en Latinoamérica; siendo Urabá la principal zona productora con 33.902 ha sembradas (Asociación de bananeros de Colombia [Augura], 2023). Sin embargo, durante los últimos años se ha observado una disminución en la productividad a causa de problemáticas fitosanitarias, fenómenos climáticos y degradación del recurso suelo. Además, el aumento de la población a nivel mundial obliga al uso excesivo de recursos y una alta demanda de alimentos, lo que hace necesario optimizar la producción. Es aquí donde toma relevancia la agricultura de precisión (AP), la cual, a partir de mediciones y bases de datos, implementa tecnologías y analiza información permitiendo tomar decisiones de forma eficiente, mitigar el impacto ambiental y reducir costos de producción, generando aumento en la rentabilidad y productividad de los cultivos (Rambauth, 2021).

La acidez, la textura y la resistencia mecánica a la penetración son propiedades fisicoquímicas del suelo que tienen gran influencia sobre la productividad. La acidez del suelo se evalúa mediante el pH, propiedad química que influye sobre otras variables como disponibilidad de nutrientes y actividad microbiana, siendo esta crucial en la toma de decisiones sobre los procesos de fertilización en los predios. La textura tiene gran importancia en el desarrollo del cultivo debido a la influencia que ejerce sobre la porosidad, infiltración, retención de humedad, entre otras; es una variable necesaria para el diseño y correcto funcionamiento de sistemas de riegos y drenajes. Asimismo, la resistencia a la penetración es un indicador de la compactación del suelo, que al igual que la textura influencia propiedades como la porosidad, estructura, infiltración y, además juega un papel crucial en el desarrollo radical del cultivo, debido a la impedancia mecánica (Columbi y Keller, 2019).

Por lo anterior, el Centro de Investigaciones del Banano (Cenibanano) ofrece servicios integrados de salud del suelo mediante la evaluación y análisis de estas tres variables. A partir de lo cual se obtienen mapas de variabilidad espacial y se realizan recomendaciones que le permiten a los agricultores la gestión y ejecución de actividades de manejo diferenciadas con el objetivo de obtener una mayor productividad y eficiencia de los recursos, que conlleve a una mayor competitividad del sector bananero colombiano (Centro de investigaciones del banano [Cenibanano], 2023; Pérez et al., 2022).

Para el presente trabajo se recopilamos los datos del servicio de salud del suelo desde el año 2020 hasta 2022, a partir de los cuales se realizó un análisis espacial de propiedades fisicoquímicas de los suelos bananeros de Urabá, Colombia. Con el fin de determinar su comportamiento espacial y optimizar la toma de decisiones que permitan mejorar la rentabilidad del cultivo.

MATERIALES Y MÉTODOS

El análisis de suelos se realizó en el eje bananero de la zona de Urabá ubicado en la zona noroccidental del departamento de Antioquia, Colombia. Este está conformado por los municipios de Chigorodó, Carepa, Apartadó y Turbo, los cuales cuentan con una temperatura media histórica de 27,5°C y una humedad relativa de 83%. Sin embargo, estos difieren en la precipitación media anual en donde la zona norte conformada por el municipio de Turbo presenta un valor de 2.654 mm, la zona sur conformada por Chigorodó de 3.611 mm y la zona centro compuesta por Carepa y Apartadó presenta valores de 3.301 mm y 2.720 mm respectivamente.

Desde 2020 Cenibanano ofrece el servicio de salud del suelo que consiste en la evaluación de la acidez, textura y resistencia mecánica a la penetración del suelo y a partir de estas variables se generan mapas de variabilidad espacial y recomendaciones de manejo por lote en los predios. Para la ejecución del servicio se elabora una malla de muestreo rígida a tres (3) muestras por hectárea, la cual se toma a 50 cm de la unidad productiva. La resistencia a la penetración se evalúa con un penetrológico digital marca *Eijkelkamp*, el pH se determina mediante el método potenciométrico en una relación suelo:agua de 1:1 (p:p) y la textura por el método del hidrómetro (Bouyoucos) (Jaramillo, 2014).

Con los resultados obtenidos, se genera una base de datos y mediante el software *QGIS* se realizan las interpolaciones correspondientes a cada una de las variables, posteriormente se reclasifican y se analizan en función de su aptitud para el cultivo de banano, asignando colores verdes, amarillos y rojos, los cuales hacen referencia a condiciones adecuadas, regulares y malas, respectivamente (Cenibanano, 2023). Para finalizar, en el software *ArcGIS* se diseñan los mapas de variabilidad espacial y manejo de cada uno de los parámetros.

Para el análisis espacial de los suelos del eje bananero se recopilamos los mapas de las variables textura y acidez de los predios evaluados desde el año 2020 al 2022, estos fueron unificados para detectar tendencias en su distribución espacial a lo largo

de la zona de estudio. Para la variable resistencia a la penetración, además, se elaboró una base de datos en la que se relacionaron el valor máximo obtenido en los estratos de 0 a 30, 30 a 60 y 60 a 80 cm de profundidad, esta fue analizada estadísticamente en el software R 4.3.0 aplicando una prueba no paramétrica de Kruskal-Wallis y un análisis post-hoc de Dunn con un nivel de confianza del 95%.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Acidez del suelo

El 51,6 % del área evaluada presenta condiciones de pH limitantes para el desarrollo del cultivo de banano, representadas por las categorías extremadamente ácido (≤ 5.0), fuertemente ácido (5.0 - 5.5) y neutro (6.5 - 7.5). Los procesos de acidificación de suelos son generados de forma natural por la precipitación de la zona, adicionalmente, se genera un proceso de acidificación por causas antrópicas debido a la aplicación de fertilizantes (Li et al., 2021). La distribución porcentual del área se muestra en el Cuadro 1.

De acuerdo con Meng et al. (2019) altas precipitaciones ocasionan mayor lavado de bases del suelo, lo que intensifica los procesos de acidificación, sin embargo, como se visualiza en la Figura 1.A, la distribución espacial del pH en el eje bananero no responde a esta condición, posiblemente, porque son suelos que han sido de uso agrícola intensivo durante un largo período de tiempo, haciendo que esta variable no se comporte de forma natural, sino que se vea influenciada por el manejo agronómico de cada predio.

Cuadro 1. Distribución porcentual de pH en área de predios caracterizados mediante el servicio de Cenibanano en Urabá, 2020-2022.

Rango	Clasificación	Área (ha)	Distribución (%)
≤ 5.0	Extremadamente Ácido	1.870	14,0
5.0 - 5.5	Fuertemente Ácido	4.796	36,0
5.5 - 6.0	Moderadamente Ácido	4.654	34,9
6.0 - 6.5	Ligeramente Ácido	1.798	13,5
6.5 - 7.5	Neutro	219	1,6
> 7.5	Alcalino	0	0,0
Total			100,0

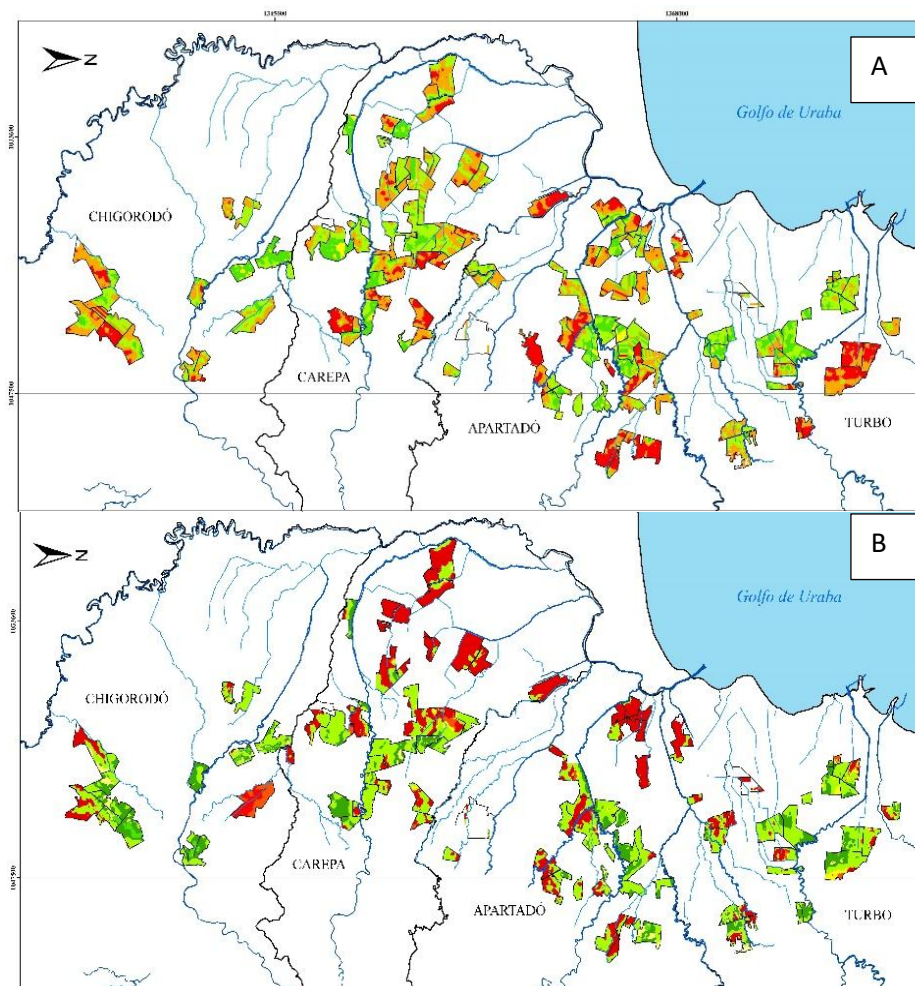


Figura 1. Distribución espacial de pH (A) y textura (B) en fincas caracterizadas mediante el servicio de Cenibanano en Urabá, 2020-2022.

Textura

El 67.3 % del área en estudio presenta texturas medias (Francas), las cuales, debido a su composición física y granulométrica, indican una buena aireación e infiltración del agua en el suelo, texturas adecuadas para la agricultura del cultivo de banano (Martínez-Herrera et al., 2016). Por otro lado, en el 32.5% del área evaluada se observan texturas limitantes debido a la cohesión de sus partículas, en donde se pueden dar menores tasas de infiltración y mayor retención de humedad, situaciones que ocasionan afectaciones en el sistema radical del cultivo y al final se traduce en disminución de la productividad. La distribución porcentual del área se muestra en el Cuadro 2.

Cuadro 2. Distribución porcentual de textura en área de Fincas caracterizadas mediante el servicio de Cenibanano en Urabá, 2020-2022.

Clasificación		Área (ha)	Distribución (%)	Clasificación		Área (ha)	Distribución (%)
F	Franca	1.726	15,1	ArA	Arcillo arenosa	5	0,0
FA	Franco Arenosa	123	1,1	AF	Arenosa Franca	0	0,0
FAr	Franco Arcillosa	5.316	46,5	ArL	Arcillo limosa	288	2,5
FArA	Franco Arcillo Arenosa	323	2,8	L	Limosa	117	1,0
FArL	Franco Arcillo limosa	210	1,8	Ar	Arcillosa	3311	29,0
FL	Franco limosa	3	0,0	A	Arenosa	0	0,0

En el análisis de textura se observa mayores contenidos de partículas finas hacia la zona occidental del eje bananero en cercanías del golfo de Urabá, donde confluyen los ríos y cuerpos hídricos de la zona. Esto se puede explicar desde los procesos de sedimentación y arrastre de partículas que se depositan en estas áreas (Figura 1.B).

Resistencia a la penetración

En el estrato de 0 a 30 cm el 49,9 % del área bajo observación se clasifica desde moderadamente firme hasta muy firmes, condiciones en la que se presentan limitantes para el óptimo desarrollo del cultivo, debido a la impedancia mecánica del suelo hacia las raíces. Para el caso del estrato 30 - 60 cm, el 87,2 % del área presenta clasificaciones limitantes para el cultivo. Finalmente, en el estrato inferior (60 – 80 cm) el 89,2 % del área presenta características restrictivas. La distribución porcentual del área se muestra en el Cuadro 3.

Cuadro 3. Distribución porcentual de resistencia a la penetración en el área evaluada mediante el servicio de Cenibanano en Urabá, 2020-2022.

Rango	Clasificación	Distribución (%)		
		0-30 cm	30-60 cm	60-80 cm
≤ 1.0	Muy Friable	15,4	2,0	1,3
1.0 - 1.2	Friable	34,6	10,8	9,5
1.2 - 1.5	Moderadamente Firme	36,9	38,6	32,7
1.5 - 2.0	Firme	12,7	47,7	55,5
2.0 - 2.5	Muy Firme	0,3	0,9	0,9
2.5 - 3.0	Altamente Firme	0,0	0,0	0,0
> 3.0	Extremadamente	0,0	0,0	0,0
Total		100,0	100,0	100,0

Estos estratos de evaluación están en función de las herramientas para descompactación que se usan en la zona. En el estrato superficial (0 – 30 cm) la

herramienta manual, subsolado y renovación con maquinaria tienen influencia, para el caso del estrato de 30 a 60 cm, las herramientas manuales ya no tienen alcance. Finalmente, en el estrato inferior (60 – 80 cm) solo se ve efecto de maquinaria de renovación. En la Figura 2 se visualiza que existe una tendencia de incremento de la resistencia a la penetración con el aumento de la profundidad y esto está fuertemente ligado al tipo de manejo que se realiza en cada una de las fincas, donde principalmente se hace descompactación superficial con herramientas manuales.

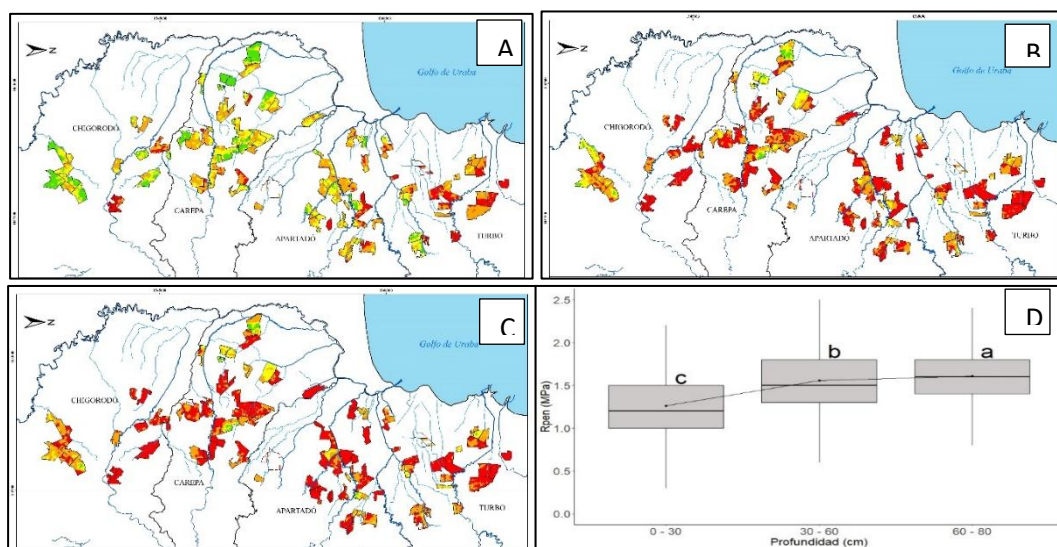


Figura 2. Distribución espacial de resistencia a la penetración en los estratos de A: 0-30 cm, B: 30-60 cm y C: 60-80 cm de profundidad en fincas caracterizadas mediante el servicio de Cenibanano en Urabá, 2020-2022. D. Resistencia a la penetración en función de la profundidad del suelo. Letras diferentes denotan diferencias estadísticas significativas. Dunn test ($p < 0.05$).

La tendencia al aumento de la resistencia a la penetración a medida que se profundiza en el perfil de suelo presenta diferencias significativas ($p\text{-value} < 0.05$). Lo que puede ser atribuible al depósito y acumulación iluvial de materiales finos en los estratos superficiales y al manejo que se realiza en los predios.

CONCLUSIONES

La variabilidad espacial de la acidez del suelo no presenta una tendencia clara y aunque ésta es afectada por diversos factores tanto bióticos como abióticos, en este caso están mayormente influenciados por las actividades propias del manejo

agronómico de las fincas tales como la aplicación de enmiendas, fertilización, aplicación de materia orgánica, entre otras. Situación similar a lo encontrado con la resistencia a la penetración en el estrato superficial, puesto que es el más accesible y económico de intervenir, siendo una de las razones por las que se presenta una tendencia al aumento de la resistencia a la penetración a lo largo del perfil. Por el contrario, la textura presenta una distribución influenciada por los cauces de los afluentes naturales de Urabá, observando un aumento en la acumulación de arcillas de oriente a occidente, guiado por las desembocaduras de los afluentes hacia el golfo de Urabá.

Se considera este documento como insumo importante en el área evaluada para el ajuste de los programas en manejo agronómico en cuanto a toma de acciones preventivas y correctivas en pro del aumento de la productividad.

REFERENCIAS

1. Asociación de bananeros de Colombia [Augura]. (2023). Coyuntura Bananera 2022-2. <https://augura.com.co/wp-content/uploads/2023/04/Coyuntura-Bananera-2022-2.pdf>
2. Centro de Investigaciones del Banano (CENIBANANO); Asociación de Bananeros de Colombia (AUGURA). Informe Anual (2023). Urabá – Colombia.
3. Colombi, T., & Keller, T. (2019). Developing strategies to recover crop productivity after soil compaction—A plant eco-physiological perspective. *Soil and Tillage Research*, 191, 156-161 Instituto Geográfico Agustín Codazzi (IGAC). (2006). Métodos analíticos del laboratorio de suelos. Subdirección de agrología.
4. Jaramillo, D. F. J. (2014). *El suelo: origen, propiedades, espacialidad*. Universidad Nacional de Colombia, Sede Medellín, Facultad de Ciencias, Escuela de Geociencias.
5. Li, Z., Jiao, Y., Yin, J., Li, D., Wang, B., Zhang, K., ... & Liu, Y. (2021). Productivity and quality of banana in response to chemical fertilizer reduction with bio-organic fertilizer: Insight into soil properties and microbial ecology. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 322, 107659.
6. Martínez-Herrera, J., Ramírez Guillermo, M., & Cámara-córdova, J. (2016). Innovación Tecnológica para la Seguridad Alimentaria (Issue November). Rambauth, G. (2021) “Agricultura de Precisión: La integración de las TIC en la producción Agrícola”, *J. Comput. Electron. Sci.: Theory Appl.*, vol. 3, no. 1, pp. 37–38.
7. Meng, C., Tian, D., Zeng, H., Li, Z., Yi, C., & Niu, S. (2019). Global soil acidification impacts on belowground processes. *Environmental Research Letters*, 14(7). <https://doi.org/10.1088/1748-9326/ab239c>
8. Pérez, D. J., Bolaños-Alomia, F. A., & da Silva, A. M. (2022). Variables que influyen en la aplicación de la agricultura de precisión en Colombia: revisión de estudios. *Ciencia y Tecnología Agropecuaria*, 23(1).