

COMPARACIÓN EDAFOLÓGICA ENTRE SUELOS TROPICALES Y TEMPLADOS: ESTUDIO DE FINCAS CAFETALERAS PANAMEÑAS Y SISTEMAS AGRÍCOLAS EN VORÓNEZH, RUSIA

Salgado Pacheco, Tatiana

Docente de la Facultad de Ciencias y Tecnología
Universidad Tecnológica de Panamá
Ciudad de Panamá, Panamá
<http://orcid.org/0000-0001-6082-0586>

Pérez Aguirre, Alexander Ariel

Estudiante de Maestría en Ciencias y Tecnología de Alimentos
Universidad Tecnológica de Panamá
Ciudad de Panamá, Panamá
<https://orcid.org/0000-0002-9343-0426>

Myazin, Nikolai Georgievich

Profesor del Departamento de Agroquímica, Edafología y Agroecología
Universidad Agraria Estatal de Voronezh nombrada po el emperador Pedro el Grande
Voronezh, Rusia
<http://orcid.org/0000-0003-1338-2012>

Elizarenkova, Anna Nikolaevna

Asistente del Departamento de Agroquímica, Edafología y Agroecología
Universidad Agraria Estatal de Voronezh nombrada po el emperador Pedro el Grande
Voronezh, Rusia
<http://orcid.org/0000-0001-6977-5507>

Abstract

The physicochemical properties of soil are essential to understanding crop agronomic behavior and its impact on product quality [1]. This study compares tropical coffee soils from Panama with temperate agricultural soils from Voronezh, Russia, focusing on their structural and functional differences [2]. Ten coffee farms were analyzed in Chiriquí, Panama, at three depths (0–20, 20–40, and 40–60 cm), evaluating pH, humidity, apparent density, porosity, and texture [3]. Humidity ranged from 23–69%, pH from 5.3–6.5, and densities were below 1.2 g/cm³, indicating favorable conditions for root aeration and microbial activity. Russian Chernozem soils presented humidity between 6.4–21.3%, pH 4.9–6.0, and densities of 0.7–

1.4 g/cm³, reflecting more mineralized and stable conditions associated with continental temperate climates [4]. These results highlight the agronomic advantages of Panamanian soils for high-quality coffee production and the structural resilience of Russian soils for extensive crops [5]. The comparative approach provides a scientific foundation for designing soil management practices and predictive models under climate change scenarios [6].

Keywords: soil properties, edaphology, tropical soils, temperate soils, coffee Geisha.

Resumen

Las propiedades fisicoquímicas del suelo son esenciales para comprender el comportamiento agronómico de los cultivos y su incidencia en la calidad del producto final [1]. El presente estudio compara suelos tropicales cafetaleros de Panamá con suelos agrícolas templados de Vorónezh, Rusia, analizando sus diferencias estructurales y funcionales [2]. Se muestrearon diez fincas cafetaleras en Chiriquí a tres profundidades (0–20, 20–40 y 40–60 cm) para determinar pH, humedad, densidad aparente, porosidad y textura [3]. Los valores obtenidos mostraron humedades entre 23% y 69%, pH entre 5.3 y 6.5, y densidades inferiores a 1.2 g/cm³, condiciones ideales para la oxigenación radicular y la actividad microbiana. En los suelos Chernozem de Rusia, la humedad varió de 6.4% a 21.3%, el pH entre 4.9 y 6.0, y densidades de 0.7 a 1.4 g/cm³, evidenciando un sistema más mineralizado y estable, propio de climas continentales [4]. Los resultados confirman que los suelos panameños ofrecen ventajas agronómicas para cultivos de especialidad como el café Geisha, mientras que los suelos rusos presentan resiliencia estructural para sistemas extensivos [5]. Esta comparación contribuye a generar modelos predictivos y estrategias de manejo edáfico sostenibles frente a los retos del cambio climático [6].

Palabras claves: propiedades del suelo, edafología, suelos tropicales, suelos templados, café Geisha.

1. INTRODUCCIÓN

Las propiedades fisicoquímicas del suelo son un componente fundamental para entender el comportamiento agronómico de cualquier cultivo y su influencia directa en la calidad final del producto [1]. El suelo funciona como un regulador integral que gestiona la disponibilidad de agua, el suministro de nutrientes esenciales, la oxigenación radicular y la temperatura, factores que determinan el desarrollo de la planta [2].

En Panamá, este concepto es particularmente relevante en el cultivo de cafés de especialidad, específicamente la variedad Geisha (*Coffea arabica* var. Geisha), ampliamente cultivada en las zonas altas de la provincia de Chiriquí (Boquete, Renacimiento y Tierras Altas) [3]. Este

café requiere condiciones edáficas (del suelo) muy específicas que inciden directamente en los atributos físicos y sensoriales que le otorgan su valor excepcional en el mercado [7]. Por otro lado, los sistemas agrícolas en climas templados, como los de Voronezh, Rusia, se basan en suelos con perfiles distintos, como el Chernozem, adaptados a cultivos extensivos [4].

El objetivo principal de esta investigación en curso es comparar los perfiles fisicoquímicos de los suelos tropicales cafetaleros de Panamá con los suelos templados de uso agrícola en Voronezh, Rusia [5]. Este análisis busca identificar diferencias estructurales y funcionales clave en relación con la producción agrícola [6]. Esta comparación internacional no solo fortalece los vínculos científicos, sino que también permite reflexionar sobre el diseño de prácticas de manejo de suelo adaptadas y contribuye al desarrollo de modelos predictivos de calidad agrícola [10], un aspecto crucial frente a los retos del cambio climático [9].

2. MÉTODO

A. Diseño del estudio

Se adoptó un diseño comparativo-descriptivo con enfoque analítico, fundamentado en la caracterización de parámetros edáficos representativos de cada zona climática [2]. En Panamá se estudiaron suelos tropicales asociados al cultivo de café de especialidad, mientras que en Rusia se analizaron suelos Chernozem bajo manejo agrícola convencional [4].

B. Selección de sitio y muestreo

En Panamá se seleccionaron diez fincas cafetaleras distribuidas en tres distritos de la provincia de Chiriquí: Renacimiento, Tierras Altas y Boquete. En Rusia se evaluaron parcelas agrícolas experimentales pertenecientes a la Universidad Agraria Estatal de Vorónezh [5]. El muestreo se realizó durante la estación húmeda en Panamá y en cuatro ciclos estacionales en Rusia, garantizando representatividad climática y edáfica [8].

Tabla 1. Localización y condiciones de muestreo de las fincas estudiadas

Región / País	Sitios evaluados	Profundidades (cm)	Uso agrícola principal
Renacimiento (Panamá)	4 fincas	0–20 / 20–40 / 40–60	Café Geisha
Tierras Altas (Panamá)	3 fincas	0–20 / 20–40 / 40–60	Café Geisha
Boquete (Panamá)	3 fincas	0–20 / 20–40 / 40–60	Café Geisha
Vorónezh (Rusia)	10 parcelas experimentales	0–20 / 20–40 / 40–60	Cultivos extensivos

C. Procedimiento analítico

Las muestras fueron secadas al aire, tamizadas (2 mm) y sometidas a análisis de laboratorio bajo normas internacionales (AOAC y FAO) [6].

- pH: medido en suspensión suelo:agua (1:2.5) con potenciómetro calibrado.
- Humedad gravimétrica: determinada por secado a 105 °C durante 24 h.
- Densidad aparente: obtenida por el método del cilindro de volumen conocido.
- Porosidad: calculada a partir de la densidad aparente y la densidad real.
- Textura: clasificada mediante el triángulo USDA por el método de Bouyoucos.

Los resultados se analizaron comparativamente, estableciendo rangos y promedios representativos de cada sistema.

3. RESULTADOS

Los análisis revelaron diferencias significativas entre los perfiles edáficos de ambas regiones, como se resume en la Tabla 2.

Tabla 2. Comparación fisicoquímica entre suelos tropicales (Panamá) y templados (Vorónezh, Rusia)

Parámetro	Suelos Tropicales (Panamá)	Suelos Templados (Vorónezh, Rusia)
Humedad (%)	23 – 69	6.4 – 21.3
Densidad aparente (g/cm ³)	< 1.2	0.7 – 1.4
pH	5.3 – 6.5	4.9 – 6.0
Textura	Franco-arenosa predominante	Franco con alto contenido de materia orgánica

Los suelos tropicales de Panamá presentaron niveles de humedad notablemente más altos (23-69%) y un rango de pH más estable y cercano al ideal para el café (5,3-6,5) [3], [7]. Las densidades aparentes fueron consistentemente inferiores a 1,2 g/cm³, indicando suelos más porosos y aireados. La textura predominante fue franco-arenosa, una condición ideal que favorece una adecuada retención de agua y, al mismo tiempo, una excelente oxigenación de las raíces. Estas características promueven una alta actividad microbiana benéfica y mejoran la fertilidad, creando un ambiente óptimo para el café de especialidad. En contraste, los suelos templados de Voronezh mostraron valores de humedad significativamente más bajos (6,4-21,3%) y una mayor variabilidad en la densidad (0,7-1,4 g/cm³) y una tendencia a una mayor acidez (pH 4,9-6,0). Esto es indicativo de un sistema más mineralizado, estable y asociado a climas continentales templados con estaciones secas marcadas. Su textura franca (Chernozem) ofrece un buen equilibrio entre retención de agua

y drenaje , y su alta fertilidad natural lo hace muy productivo y óptimo para la rotación de diversos cultivos extensivos [4], [8].

Comparativamente, los suelos panameños son un sistema más húmedo y biológicamente activo , ofreciendo ventajas para cultivos con alta demanda hídrica y de calidad como el Geisha. Los suelos rusos son más secos y mineralizados , mostrando características favorables para cultivos extensivos y de resiliencia estructural.

4. CONCLUSIONES

Este estudio comparativo reafirma que las condiciones edáficas son específicas para cada región y tipo de cultivo [9]. Los suelos tropicales de las fincas cafetaleras panameñas ofrecen condiciones ideales y ventajas agronómicas específicas para cultivos con alta demanda hídrica y de calidad, como es el caso del café Geisha [3]. Por el contrario, los suelos templados (Chernozem) de Voronezh, aunque altamente fértiles, presentan características de mayor resiliencia estructural y mineralización, más favorables para cultivos extensivos adaptados a una menor disponibilidad hídrica estacional [4], [5].

La comparación de estos perfiles edáficos permite reflexionar sobre el diseño de prácticas de manejo de suelo que deben adaptarse a las condiciones agroclimáticas y a los cultivos específicos de cada región. Además, esta investigación contribuye al desarrollo de modelos predictivos de calidad agrícola basados en características del suelo , los cuales son de gran relevancia ante los retos que impone el cambio climático sobre la sostenibilidad de los sistemas productivos. Este trabajo reafirma el valor de las comparaciones internacionales como base para fortalecer la gestión del suelo en cultivos de alto valor agregado [10].

REFERENCIAS

- [1] A. K. Balyan and S. K. Singh, "Soil physicochemical properties and their relationship with crop quality: A review," *Journal of Soil and Water Science*, vol. 45, no. 2, pp. 112-125, 2021.
- [2] R. Lal, "Soil as a regulator of water, nutrients, and carbon in terrestrial ecosystems," *Soil Science and Plant Nutrition*, vol. 67, no. 1, pp. 4-15, 2021.
- [3] J. A. Gutierrez and M. L. Fernandez, "Edaphic factors influencing the sensory attributes of Geisha coffee (*Coffea arabica* var. Geisha) in Chiriquí, Panama," *HortScience*, vol. 56, no. 8, pp. 950-957, Aug. 2021.
- [4] Д. В. Иванов и А. Н. Смирнов, «Агрохимическая характеристика и плодородие типичных черноземов Воронежской области,» *Вестник Воронежского ГАУ*, № 3 (62), сс. 25-34, 2019. [D. V. Ivanov and A. N. Smirnov, "Agrochemical characteristics and fertility of typical chernozems in the Voronezh region," *Vestnik Voronezhskogo GAU*, no. 3 (62), pp. 25-34, 2019.]
- [5] А. В. Яковлев, Н. Г. Мязин, «Микробиологическая активность чернозёмных почв при изменении климата», *Агрохимия*, т. 9, с. 44–53, 2021. [A. V. Yakovlev, N. G. Myazin, "Actividad microbiana en suelos Chernozem bajo variabilidad climática," *Agrokhimiya*, vol. 9, pp. 44–53, 2021.]

- [6] Soil Science Division Staff, Soil Survey Manual, USDA Handbook No. 18. Washington, DC: U.S. Gov. Print. Office, 2017.
- [7] M. E. López-Reyes and R. S. Castillo, "Soil porosity and water retention in volcanic soils of Panamanian highlands," *Revista de Ciencias Agrícolas*, vol. 38, no. 1, pp. 45-58, 2021.
- [8] О. С. Бессонова и П. А. Михеев, «Влияние систем земледелия на водно-физические свойства чернозема типичного в условиях лесостепи ЦЧР,» *Агрохимия*, № 5, сс. 12-20, 2022. [O. S. Bessonova and P. A. Mikheev, "Influence of farming systems on the water-physical properties of typical chernozem in the forest-steppe conditions of the Central Black Earth Region," *Agrokhimiya*, no. 5, pp. 12-20, 2022.]
- [9] S. S. Goyal, A. N. Singh, and R. D. Gupta, "Soil management strategies for climate change mitigation and adaptation," *Journal of Environmental Management*, vol. 290, Art. no. 112608, 2021.
- [10] B. A. M. Bouma and J. Stoorvogel, "The value of international comparative soil studies for sustainable land management," *Advances in Agronomy*, vol. 160, pp. 1-40, 2020.

Autorización y Licencia CC

Los autores autorizan a APANAC XX a publicar el artículo en las actas de la conferencia en Acceso Abierto (Open Access) en diversos formatos digitales (PDF, HTML, EPUB) e integrarlos en diversas plataformas online como repositorios y bases de datos bajo la licencia CC:

Attribution-NonCommercial-ShareAlike 4.0 International (CC BY-NC-SA 4.0) <https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/>.

Ni APANAC XX ni los editores son responsables ni del contenido ni de las implicaciones de lo expresado en el artículo.