

CARACTERIZACIÓN AGROQUÍMICA DE SUELOS CAFETALEROS EN GUAMUHAYA, CUBA: MEJORA DE PRODUCTIVIDAD MEDIANTE CORRECCIÓN DE ACIDEZ Y OPTIMIZACIÓN DE NUTRIENTES

AGROCHEMICAL CHARACTERIZATION OF COFFEE SOILS IN GUAMUHAYA, CUBA: PRODUCTIVITY IMPROVEMENT THROUGH ACIDITY CORRECTION AND NUTRIENT OPTIMIZATION

✉ CIRO SÁNCHEZ ESMORIS*, CEFERINO GONZÁLEZ FERNÁNDEZ, MODESTO VÍLCHEZ JACOMINO,
✉ MERARDO FERRER VIVAS, ✉ YUSDEL FERRÁS NEGRÍN, ✉ NOSLEIBY ORTÍZ GÓMEZ,
✉ LEONARDO CALZADA RODRÍGUEZ, ✉ NOEL BERMÚDEZ RAMÍREZ

Unidad Científico Tecnológica de Base Estación Experimental Agro-Forestal Jibacoa, Manicaragua, Villa Clara, Cuba.
E-mail: ciro@jibacoa.inaf.co.cu

*Autor para correspondencia: esmoris2121@gmail.com

RESUMEN

El estudio se centró en la caracterización agroquímica de suelos en las principales zonas cafetaleras del macizo montañoso Guamuhaaya, Cuba, con el objetivo de mejorar la productividad del café mediante la corrección de suelos ácidos y la optimización de nutrientes. Los suelos predominantes, Ferralíticos y Fersialíticos, presentaron alta acidez, bajos niveles de fósforo (P_2O_5) y potasio (K_2O), y un contenido insuficiente de materia orgánica (MO), especialmente en profundidades mayores a 50 cm. Se evaluaron muestras de suelo en capas de 0-120 cm, se analizaron pH, MO, P_2O_5 , K_2O , calcio (Ca) y magnesio (Mg), mediante métodos estandarizados. Los resultados mostraron que el 29% de las áreas presentaban pH ácido (≤ 4.5), con deficiencias críticas de P_2O_5 (87% < 10 mg/100g) y K_2O (73% < 15 mg/100g). La aplicación de cal dolomítica mejoró significativamente el pH y la disponibilidad de nutrientes, lo que incrementó la producción de café oro. Se concluyó que es esencial implementar encalado, fertilización y prácticas de conservación de suelos para optimizar la productividad del café, adaptando las estrategias a las condiciones específicas de cada zona.

Palabras clave: acidez, fertilidad, encalado, nutrientes, conservación

ABSTRACT

The study focused on the agrochemical characterization of soils in the main coffee-growing areas of the Guamuhaaya mountain range, Cuba, with the aim of improving coffee productivity by correcting acidic soils and optimizing nutrients. The predominant soils, Ferralitic and Fersialitic, presented high acidity, low levels of phosphorus (P_2O_5) and potassium (K_2O), and insufficient organic matter (OM) content, especially at depths greater than 50 cm. Soil samples were evaluated in layers of 0-100 cm, analyzing pH, OM, P_2O_5 , K_2O , calcium (Ca) and magnesium (Mg), using standardized methods. The results showed that 29% of the areas had acidic pH (≤ 4.5), with critical deficiencies of P_2O_5 (87% < 10 mg/100g) and K_2O (73% < 15 mg/100g). The application of dolomitic lime significantly improved pH and nutrient availability, increasing green coffee production. It was concluded that it is essential to implement liming, fertilization and soil conservation practices to optimize coffee productivity, adapting the strategies to the specific conditions of each area.

Keywords: acidity, fertility, liming, nutrients, conservation

Recibido: 13/7/2024

Aceptado: 11/10/2024

Conflicto de Intereses: Los autores declaran no tener conflictos de interés



Este artículo se encuentra bajo los términos de la licencia Creative Commons Attribution-NonCommercial (CC BY-NC 4.0).
<https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/>



INTRODUCCIÓN

El cafeto (*Coffea arabica* L.) es originario de las altas mesetas de Etiopía. Fue introducido en el continente americano a principios del siglo XVIII, procedente de Yemen. Su distribución geográfica abarca desde Cuba, ubicada a 22° de latitud Norte, hasta el Paraná en Brasil, a 26° de latitud Sur, aunque algunas plantaciones se extienden más allá de estos límites ecológicos (Valencia, 1998). Este cultivo es uno de los productos más importantes en el mercado mundial, y más de 50 países dependen económicamente de su producción (Medina et al., 1984).

El café representa uno de los cultivos tradicionales de la estructura agraria cubana. Desde su introducción en 1748, ha contribuido significativamente a la diversificación agrícola del país. En la actualidad, es un rubro exportable de gran importancia económica, con alta demanda entre los consumidores nacionales, y constituye la base fundamental de la economía en las zonas montañosas (Martínez, 2000).

En Cuba, se dedican al cultivo del café alrededor de 108,657 hectáreas. De estas, solo el 23% alcanza rendimientos de 100 o más quintales de café oro por caballería (0,34 t·ha⁻¹). Según la comunicación personal de Gladys Gutiérrez, para que una plantación sea económicamente rentable, los rendimientos deben ser iguales o superiores a esta cifra.

Cuba se caracteriza por producir un café de alta calidad, el cual es utilizado por los compradores para mejorar cafés de otros orígenes de menor calidad. Un ejemplo destacado es el Crystal Mountain, considerado el segundo café mejor cotizado del mundo. Este se produce principalmente en el macizo montañoso Guamuhaya, donde las condiciones edafoclimáticas favorecen su excelencia.

Una de las principales condiciones para lograr un crecimiento y producción adecuados de los cultivos es considerar las condiciones agroecológicas de la región donde se establezcan. La zonificación agroecológica adquiere gran importancia, especialmente en sectores productivos donde el ambiente juega un rol decisivo (Castillo et al., 1997). Esto permite optimizar los recursos naturales y maximizar la productividad.

Los principales tipos de suelos dedicados al cultivo del cafeto en el macizo montañoso Guamuhaya son el Ferralítico Rojo Lixiviado y el Ferralítico Rojo Amarillento, que ocupan más del 60% de las áreas. Estos suelos se caracterizan por niveles elevados de acidez, contenidos bajos de fósforo y bases cambiables, y se ubican principalmente en las mayores altitudes. Le sigue el Fersialítico, que representa el 22% del total (González, 1998).

El objetivo del presente trabajo fue la caracterización agroquímica en las principales zonas cafetaleras del macizo montañoso Guamuhaya y la aplicación de diferentes materiales enmendantes para aumentar el pH en los suelos ácidos.

MATERIALES Y MÉTODOS

El macizo montañoso Guamuhaya se localiza en la zona centro-sur de la isla de Cuba, que abarca parte de las provincias de Cienfuegos, Villa Clara y Sancti Spiritus (Figura 1). Con una extensión aproximada de 1595,5 km², también se conoce como Sierra del Escambray. Limita al este con la llanura fluvial del río Zaza y al oeste con las del río Arimao. Al norte, sus límites están definidos por las llanuras erosivas de Manicaragua y Cabaiguán, mientras que al sur, sus estribaciones se extienden hasta el mar. En la zona de contacto entre estas estribaciones y la llanura costera se encuentra la ciudad de Trinidad, una de las primeras villas fundadas por los colonizadores españoles. Este macizo está conformado por las Sierras de Trinidad y Sancti Spiritus, las cuales están separadas por la cuenca del río Agabama (Soto et al., 2001).

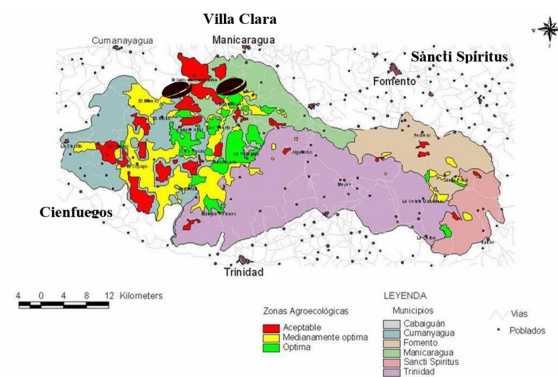


Figura 1. Macizo Montañoso Guamuhaya.

En la cordillera de este sistema montañoso se observan pendientes pronunciadas en las laderas, mientras que en las partes más elevadas (600-1000 m.s.n.m.) las cotas presentan cierta estabilidad. Entre las elevaciones más destacadas se encuentran el Pico San Juan (1140 m.s.n.m.), el Pico de Potrerillo (931 m.s.n.m.), el Pico Sombrero (850 m.s.n.m.) y Topes de Collantes (750 m.s.n.m.). El suelo de esta región está sustentado principalmente por calizas, areniscas, rocas volcánicas, cristales micáceos y cuarcíferos, los cuales dieron origen a la leyenda de la marca de café conocida internacionalmente como “Montaña de Cristal” (Crystal Mountain).

La vegetación dominante en el macizo Guamuhaya incluye el pinar, la pluvisilva de montaña, los herbazales y los matorrales. Estos ecosistemas se desarrollan en un contexto de diversidad geológica y topográfica que favorece la presencia de una flora variada y adaptada a las condiciones locales.

Los tipos de suelos, el clima, el régimen pluviométrico, junto con las condiciones de cultivo y las variedades empleadas, determinan que en el macizo Guamuhaya se produzca el mejor café de Cuba. Este café tiene una demanda

exclusiva y creciente en mercados como el de Japón, conocido por su alta exigencia en cuanto a calidad. Por esta razón, se han seleccionado los mejores suelos vírgenes de la región y se han incorporado nuevas potencialidades al cultivo, con el objetivo de fomentar y renovar los cafetales en las mesetas más elevadas de la cordillera.

Para caracterizar el estado de la fertilidad química del suelo, se tomaron muestras compuestas por profundidad de 0-120 cm, divididas en capas de 10 cm cada una (Figura 2). Este proceso permitió evaluar las propiedades químicas del suelo en diferentes estratos, lo cual es fundamental para comprender su capacidad productiva y su aptitud para el cultivo de café.



Figura 2. Toma de muestra en un perfil de suelo.

Las determinaciones se llevaron a cabo mediante los métodos descritos por las Normas Ramales de la Agricultura (MINAGRI, 1987, 1988):

- pH en KCl, determinado mediante el método potenciométrico con una relación suelo:solución de 1:2.5.
- Materia orgánica (%), medida mediante el método de Walkley y Black.
- P_2O_5 y K_2O , analizados con el método de Oniani, con una relación suelo:solución de 1:25.
- Ca y Mg, determinados mediante el método de $Ac NH_4 1N$ a pH 7, con espectrometría de absorción atómica.

Se evaluaron el contenido de N, P y K (%) y la extracción de estos elementos en muestras de suelo. Los métodos utilizados fueron los siguientes:

- **Nitrógeno (N):** Digestión húmeda con $H_2SO_4 + Se$ y determinación colorimétrica con el reactivo de Nessler (Ríos et al., 1982).
- **Fósforo (P):** Digestión húmeda con $H_2SO_4 + Se$ y determinación colorimétrica con el método del molibdo vanadato (Ríos et al., 1982).

- **Potasio (K):** Digestión húmeda con $H_2SO_4 + Se$ y determinación mediante fotometría de llama.

Para el tratamiento con Dolomita se aplicaron cinco dosis de dolomita que se detallan como sigue: 1) Sin dolomita (SD); 2) Con $0.68 t \cdot ha^{-1}$; 3) Con $1.36 t \cdot ha^{-1}$; 4) Con $2.04 t \cdot ha^{-1}$ y 5) Con $2.72 t \cdot ha^{-1}$.

RESULTADOS Y DISCUSION

Con el objetivo de mejorar los suelos ácidos mediante la utilización de diferentes materiales enmendantes, se realizó la caracterización agroquímica de las principales zonas cafetaleras. En Cuba, el café se desarrolla principalmente en las regiones montañosas y premontañosas, ubicadas por encima de los 200-300 metros sobre el nivel del mar. Además, se encuentra en algunos valles intramontanos con microclima favorable, como es el caso del Valle de Viñales (Pentón et al., 1993).

En estas regiones existe una alta diversidad de tipos de suelos, formados a partir de diferentes materiales de origen. En el macizo montañoso Guamuha predominan dos tipos de suelos asociados con la producción cafetalera: los Ferralíticos y los Fersialíticos, según lo informado por Hernández et al. (1999). Estos suelos presentan características particulares que influyen en el desarrollo del cultivo del café.

Un muestreo realizado en las áreas productoras de café de la empresa Cumanayagua, donde se encuentran los suelos mencionados anteriormente, arrojó resultados significativos. Los promedios de los análisis de suelo de las tres UBAC (Tabla 1) muestran valores de pH (KCl), P_2O_5 , K_2O y MO % que están en correspondencia con las características descritas por Hernández et al. (1999). El contenido de fósforo es muy bajo, mientras que la materia orgánica se encuentra dentro del rango normal, según lo indicado por Mesa & Naranjo (1984).

El análisis de los datos de fertilidad del suelo a nivel de campo, presentados como promedios por UBAC, revela que la acidez del suelo puede ser considerada perjudicial para el desarrollo del cultivo en un 29 % de las áreas. Esto se debe a que presentan valores de pH en KCl muy ácidos, cercanos a 4.5, de acuerdo con Valencia (1998). Esta condición limita el crecimiento óptimo del café en dichas zonas.

En las UBAC de Gaviña y El Nicho se encontraron las áreas más afectadas, con un 34 % y 38 % respectivamente. Esta situación puede estar asociada al tipo de suelo Ferralítico, predominante en esas zonas (González, 1998), el cual es más ácido que el Fersialítico (Hernández et al., 1999), predominante en la UBAC de San Blas (Tabla 2). Estas diferencias en la acidez del suelo influyen directamente en la productividad del café.

En el caso del P_2O_5 , el 87 % de las áreas muestran valores por debajo de $10 mg/100g$, lo que indica un nivel muy bajo de este nutriente. En las tres UBAC se obtuvieron porcentajes similares. Respecto al potasio, solo el 27 % de las áreas

Tabla 1. Áreas con problemas de fertilidad en la EMA Cumanayagua

UBAC	Área (ha)	pH (KCl)	P ₂ O ₅	K ₂ O	MO %
			mg/100g		
El Nicho	751.13	4.9	8.9	15.4	4.2
San Blas	658.34	5.2	5.2	15.3	3.4
Gaviña	303.09	5.1	5.7	12.8	3.9
Total EMA	1712.56	5.1	6.6	14.5	3.8

Tabla 2. Valores medios de fertilidad de los suelos de la EMA Cumanayagua

UBAC	Área total	De ellas ácidas		P ₂ O ₅ ≤ 10 mg/100g		K ₂ O ≤ 15 mg/100g		MO ≤ 3%	
		ha	%	ha	%	ha	%	ha	%
El Nicho	751.13	289.09	38	638.46	85	538.85	72	143.86	19
San Blas	658.34	107.39	16	592.33	90	461.07	70	100.01	15
Gaviña	303.09	103.97	34	263.52	87	255.92	84	36.65	12
Total EMA	1712.56	500.45	29	1494.31	87	1255.84	73	280.52	16
UBAC	Área total	De ellas ácidas		P ₂ O ₅ ≤ 10 mg/100g		K ₂ O ≤ 15 mg/100g		MO ≤ 3%	
		ha	%	ha	%	ha	%	ha	%
El Nicho	751.13	289.09	38	638.46	85	538.85	72	143.86	19
San Blas	658.34	107.39	16	592.33	90	461.07	70	100.01	15
Gaviña	303.09	103.97	34	263.52	87	255.92	84	36.65	12
Total EMA	1712.56	500.45	29	1494.31	87	1255.84	73	280.52	16

presentan más de 15 mg/100g, lo que corresponde a una fertilidad media o alta según Mesa & Naranjo (1984). El 73 % restante no alcanza esta categoría, mostrando un déficit marcado, especialmente en la UBAC Gaviña, donde solo el 16 % de las plantaciones tienen suelos con más de 15 mg/100g de potasio asimilable.

En cuanto al contenido de materia orgánica, se observó que un 16 % de las áreas tienen valores por debajo del 3 %, lo que indica una insuficiencia de este componente clave del suelo. El promedio general es de 3.8 %, considerado aceptable para las condiciones locales, pero bajo para este cultivo según investigadores internacionales como Carvajal (1984) y Valencia (1998), quienes sugieren que el suelo debe contener más del 5 % de materia orgánica para ser óptimo. Solo el 16 % de la superficie plantada supera este valor, destacándose que la UBAC San Blas tiene la menor proporción de áreas con esta condición (Tabla 3).

Un análisis integral de estos cuatro indicadores de fertilidad del suelo sugiere la necesidad de complementar la fertilidad con aportes de abonos y reducir la acidez mediante el suministro de calcio. Además, es fundamental establecer medidas de conservación de suelo que minimicen las pérdidas de nutrientes por erosión. Estas acciones contribuirían a mejorar las condiciones del suelo para el cultivo del café.

En la región que abarca desde Can Can, perteneciente a la EMA de Jibacoa, hasta Topes de Collantes, perteneciente a la EMA de Trinidad, existen más de 2500 hectáreas con vocación para el cultivo del café. En esta zona predomina casi en su totalidad el suelo Ferralítico rojo, donde el café expresa su potencial productivo entre 2.0 y 2.5 toneladas por hectárea de café oro. Este café posee las mejores características organolépticas del país, con más del 30 % de café Crystal Mountain, de calidad superior, atribuido principalmente a las condiciones climáticas y edáficas.

Tabla 3. Áreas con muy alta acidez y buen contenido de materia orgánica.

UBAC	Área ha	pH ≤ 4	%	MO % ≥ 5	%
El Nicho	750,2	135,42	18	162,39	22
San Blas	666,42	28,11	4	32,69	5
Gaviña	303,09	46,74	15,4	87,51	29
Total	1719,71	210,27	12	282,59	16

Los suelos de esta región ocupan una extensión importante, y gran parte de ellos están dedicados al cultivo del café. Han sido objeto de estudio por varios investigadores en los últimos años (González, 1998; Soto et al., 2001; Reyes et al., 2002). Sin embargo, aún se requiere continuar con investigaciones para definir mejor sus limitantes y poder influir en ellas, con el fin de alcanzar una mayor eficiencia productiva.

El análisis por calicatas en el suelo Ferralítico (Hernández et al., 1999) permitió realizar una caracterización agroquímica y física (Anexo 3). Una valoración con los datos medios de 15 calicatas, muestreadas cada 10 cm hasta los 120 cm de profundidad, para los análisis de laboratorio (Tabla 4), permitió definir el comportamiento de sus principales propiedades. Estos estudios son fundamentales para comprender las dinámicas del suelo y optimizar su manejo.

En los perfiles estudiados, se observó que la mayor fertilidad de los suelos se encuentra en la capa superficial (≤ 20 cm), lo cual coincide con lo informado por Reyes (2005). El contenido de P_2O_5 es muy bajo, con 3,58 mg/100g en la capa de 0-10 cm, lo que no satisface las demandas del cultivo. Estos valores son similares a los determinados en las zonas del Nicho y Gaviña, pertenecientes a la Estación Experimental Agrícola (EMA) de Cumanayagua, donde predomina este tipo de suelo. En las capas subsiguientes, los valores registrados son prácticamente insignificantes (Figura 3), lo que favorece la formación de fosfatos insolubles de aluminio y hierro. Por el contrario, en la primera capa se encuentra una mayor cantidad de fósforo de origen orgánico, principalmente debido a la descomposición de la hojarasca presente.

El contenido de K_2O también es muy bajo, con un promedio de 10,24 mg/100g en la capa superficial (0-10 cm), lo que coincide con los valores informados por otros investigadores para estos tipos de suelos (González, 1998; Reyes, 2005). En las capas inferiores, se observa un descenso pronunciado, con valores que oscilan entre 2 y 3,25 mg/100g hasta los 120 cm de profundidad (Figura 3).

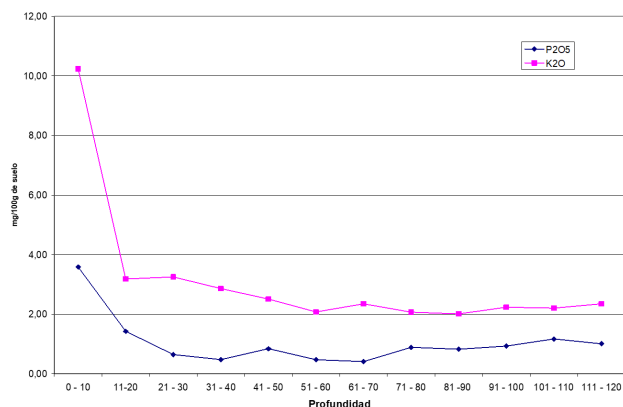


Figura 3. Variación del P_2O_5 y K_2O con la profundidad del suelo (cm)

El porcentaje de materia orgánica (MO %) mostró valores superiores al 3 %, lo que se corresponde con los valores informados para los suelos cafetaleros del macizo. Sin embargo, estos valores no superan el óptimo recomendado para el café según Valencia (1998). A partir de los primeros 10 cm de profundidad, el contenido de materia orgánica disminuye gradualmente, manteniéndose por debajo del 1 % a partir de los 30 cm, con porcentajes insignificantes a los 120 cm (Figura 4).

En contraste con la fertilidad, la acidez del suelo aumenta con la profundidad (Figura 5). La acidez hidrolítica (Y_1) en la capa de 0-10 cm registró valores medios de 5,59 meq/100g, los cuales disminuyen ligeramente en capas intermedias. Sin embargo, después de los 50 cm, el suelo se vuelve más ácido, con valores de hasta 8,32 meq/100g. Por otro lado, la acidez de cambio (Y_2) mostró un aumento constante con la profundidad, pasando de 0,97 a 5,00 meq/100g. Este comportamiento está estrechamente relacionado con el aluminio intercambiable, cuyos valores son muy cercanos a los de la acidez, lo que indica que este elemento es el principal agente causante de dicha propiedad en el suelo (Figura 5). Los valores encontrados por debajo de los 10 cm son considerados

Tabla 4. Características agroquímicas de los perfiles. (Datos medios 15 calicatas).

Prof. cm	pH (KCl)	pH (H ₂ O)	MO (%)	P ₂ O ₅	K ₂ O	Y ¹	Y ²	Al ⁺⁺⁺
0 - 10	4,15	5,28	3,58	3,58	10,24	5,59	0,97	0,90
11-20	3,82	5,03	2,13	1,42	3,18	4,62	1,26	1,19
21 - 30	3,69	5,02	1,40	0,64	3,25	4,40	1,62	1,57
31 - 40	3,64	4,97	0,97	0,47	2,86	4,66	2,81	2,75
41 - 50	3,65	5,08	1,22	0,84	2,51	5,01	2,41	2,37
51 - 60	3,42	4,89	0,68	0,47	2,07	6,27	3,79	3,73
61 - 70	3,30	4,84	0,59	0,41	2,34	7,03	4,47	4,38
71 - 80	3,24	4,68	0,49	0,88	2,06	7,71	4,65	4,55
81 -90	3,18	4,76	0,42	0,82	2,01	8,33	4,23	4,13
91 - 100	3,19	4,73	0,33	0,93	2,23	8,74	4,70	4,58
101 - 110	3,24	4,63	0,31	1,17	2,20	8,67	4,79	4,66
111 - 120	3,22	4,64	0,33	1,00	2,34	8,32	5,00	4,89

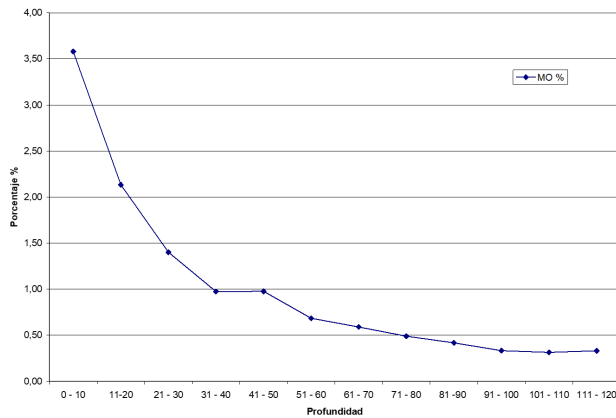


Figura 4. Variación del porcentaje de materia orgánica con la profundidad del suelo (cm)

perjudiciales para el cultivo según Pinilla (2001), ya que el crecimiento radical se ve severamente limitado, lo que impide que las plantas exploren un mayor volumen de suelo y dificulta su nutrición.

El valor de 0,97 meq/100g observado en la capa superficial puede atribuirse a la situación de algunas trincheras que presentaron un alto contenido de acidez, posiblemente debido a la mayor pendiente, el grado de erosión hídrica y un menor contenido de materia orgánica. Estos hallazgos coinciden con lo informado por González et al. (2006); MIYAZAWA et al. (2000).

Estos suelos han sido clasificados como de baja fertilidad debido a sus bajos contenidos de fósforo y potasio, una baja capacidad de intercambio catiónico (entre 10-12 meq/100g) y la presencia de aluminio intercambiable, en dependencia del grado de acidez (Hernández et al., 1999).

Las propiedades físicas del suelo influyen directamente en el desarrollo radical y, por ende, en su productividad. Entre estas propiedades, la textura y la densidad aparente son de gran importancia, ya que determinan la porosidad, la aireación y el flujo de agua, entre otras cualidades (Rodríguez, 2000; citado por Salamanca et al. (2005).

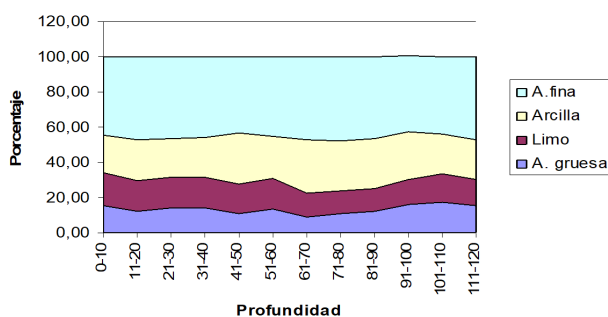


Figura 6. Textura del suelo.

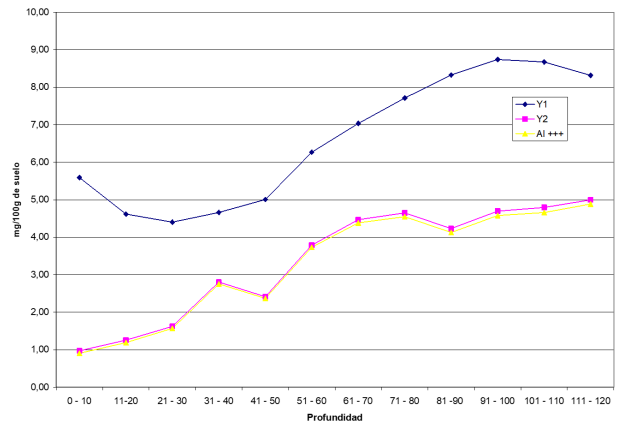


Figura 5. Variación de acidez y el Aluminio con la profundidad del suelo (cm).

Las propiedades físicas de estos suelos se mantienen relativamente uniformes a lo largo del perfil. En el análisis textural (Figura 6), se observó que el mayor porcentaje corresponde a la arena, con valores cercanos al 59 %, seguida por la arcilla con un 25 % y el limo con un 16 %. Esto clasifica al suelo como franco arcillo-arenoso, una característica que se mantiene en todo el perfil. Sin embargo, se observa una mayor proporción de partículas finas (arcilla) en las capas de 40-80 cm, con un 7 % más de arcilla en comparación con la capa superficial (0-10 cm).

Desde el punto de vista físico, los datos de textura de las calicatas indican que estos suelos son francos, es decir, franco arcillo-arenosos, con buenas cualidades para la circulación del aire y la penetración del agua. No obstante, en algunas áreas se ha detectado un horizonte de compactación entre los 25 y 35 cm de profundidad, lo que representa un obstáculo significativo para la penetración de las raíces.

La densidad aparente (Figura 7) se encuentra dentro del rango considerado adecuado para el café (Valencia, 1998). Este indicador es de gran relevancia debido a su relación con otros índices, como la porosidad, la cual es buena pero tiende a disminuir en capas más profundas debido a la menor presencia de materia orgánica, como se explicó anteriormente.

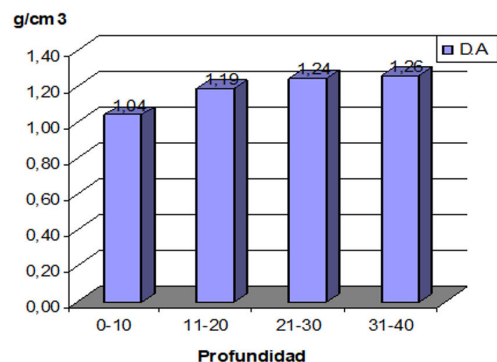


Figura 7. Densidad aparente del suelo.

Se determinó que el encalado tiene un efecto positivo sobre las propiedades químicas del suelo (Tabla 5). La aplicación de cal dolomítica incrementó el pH y mejoró la disponibilidad de P_2O_5 , K_2O , Ca y Mg. Los niveles alcanzados de calcio y magnesio se encuentran dentro del rango considerado adecuado para el cultivo (Valencia, 1998).

Tabla 5. Efecto del encalado sobre las propiedades agroquímicas del suelo.

Indicadores	Antes de encalar	Después del encalado
pH, KCl	3.80	4.77
P_2O_5 mg/100 g	5.20	81.7
K_2O mg/100 g	8.50	13.83
Ca meq/100 g	2.30	4.55
Mg meq/100 g	0.32	0.85

Asimismo, se observó un efecto positivo de la dolomita (Tabla 6) sobre la producción de café oro (t/ha). Los mayores valores se alcanzaron con las dosis de 1,36 y 2,04 t/ha, sin mostrar diferencias significativas entre ellas, pero sí con el testigo y la dosis de 0,68 t/ha. Estos resultados corroboran los obtenidos por Reyes (2005) y González et al. (2006) en la zona de Topes de Collantes. Este efecto puede atribuirse a la composición química de la dolomita, que aporta dos de las principales bases del complejo absorbente del suelo.

Tabla 6. Efecto de los tratamientos sobre la producción de café oro.

Tratamientos	(t.ha ⁻¹)	(t.ha ⁻¹)	(t.ha ⁻¹)
1. Sin Dolomita	0.50 c	0.53c	0.55c
2. Con 0.68 t.ha ⁻¹ Dolomita	0.58 b	0.73 b	0.76b
3. Con 1.36 t.ha ⁻¹ Dolomita	0.71 a	1.25a	1.27a
4. Con 2.04 t.ha ⁻¹ Dolomita	0.73 a	1.20a	1.25a
5. Con 2.72 t.ha ⁻¹ Dolomita	0.77 a	1.18a	1.20a
ES ±	0.030	0.056	0.051
Cv %	6.47	9.29	8.7

* Medias con letras desiguales en la misma columna difieren para $P \leq 0.001$ según Dócima de Duncan

CONCLUSIONES

1. Los suelos de las zonas cafetaleras estudiadas presentan una acidez elevada, especialmente en profundidades mayores a 50 cm, lo que limita el desarrollo radical y la productividad del café. Además, se observa una deficiencia generalizada de fósforo (P_2O_5) y potasio (K_2O), así como un contenido de materia orgánica insuficiente

para alcanzar niveles óptimos. Esto sugiere la necesidad de implementar prácticas de encalado para reducir la acidez y la aplicación de fertilizantes para mejorar la disponibilidad de nutrientes, junto con medidas de conservación de suelos para minimizar la erosión y la pérdida de nutrientes.

2. Las áreas de Gaviña y El Nicho presentan mayores niveles de acidez y menores contenidos de potasio en comparación con San Blas, lo que está asociado al predominio de suelos Ferralíticos, más ácidos que los Fersialíticos. Estas diferencias influyen directamente en la productividad del café, lo que destaca la importancia de adaptar las estrategias de manejo agronómico a las características específicas de cada zona para optimizar el rendimiento del cultivo.
3. La aplicación de cal dolomítica demostró un impacto positivo en la corrección de la acidez del suelo y en la mejora de la disponibilidad de nutrientes como fósforo, potasio, calcio y magnesio. Además, se observó un aumento en la producción de café oro con dosis adecuadas de encalado. Sin embargo, el contenido de materia orgánica, aunque aceptable en la capa superficial, disminuye significativamente con la profundidad, lo que refuerza la necesidad de incorporar prácticas que incrementen la materia orgánica, como la aplicación de abonos orgánicos y la conservación de la hojarasca, para mejorar la estructura y fertilidad del suelo a largo plazo.

BIBLIOGRAFÍA

- Carvajal, J. F. (1984). *Cafeto: Cultivo y fertilización*. Instituto Internacional de la Potasa. <https://agris.fao.org/search/en/providers/122621/records/647762195eb437ddff785659>
- Castillo, G., Contreras, A., Zamarripa, A., Méndez, I., Vázquez, M., Holguín, F., & Fernández, A. (1997). *Tecnología para la producción de café en México*. INIFAP.
- González, C. (1998). *Diagnóstico de los factores edáficos que limitan la producción cafetalera en el Escambray* (p. 27) [Final].
- González, C., Sánchez, C., & Cupull, R. (2006). *Efectos de la combinación de la Dolomita y la materia orgánica en la producción de posturas de café*.
- Hernández, A., Pérez-Jimenéz, J. M., Mesa-Nápoles, Á., Fuentes-Alfonso, E., & Bosch-Infante, D. (1999). *Nueva versión de la clasificación genética de los suelos de Cuba*. Instituto de suelos.
- Martínez, F. (2000). *Prospección tecnológica del café en Cuba*.
- Medina, H. P., Carvalho, A., Sondahl, M. R., Fazuoli, L. C., & Costa, W. M. (1984). Coffee breeding and related evolutionary aspects. *Plant breeding reviews*. AVI, 2, 157.
- Mesa, A., & Naranjo, M. (1984). *Manual de Interpretación de suelos*. Editorial Científico Técnica.

- MINAGRI. (1987). *Suelos: Análisis químico. Reglas generales.*
- MINAGRI. (1988). *Suelos: Análisis químico. Reglas generales.*
- MIYAZAWA, M., Pavan, M. A., & Franchini, J. C. (2000). Neutralização da acidez do perfil do solo por resíduos vegetais. *Inf. Agron*, 92, 1-8.
- Pentón, G., Gutiérrez, G., Grant, J., & Rivero, J. (1993). *Elementos básicos para la tecnología del café.* Dirección Nacional de Café y Cacao MINAG.
- Pinilla, H. (2001). *Acidez de los suelos: Un problema que limita los rendimientos* [Tesis de Grado]. Universidad de la frontera. Facultad de Cs. Agropecuarias y Forestales.
- Reyes, A. (2005). *Estado de la fertilidad de los suelos Ferralíticos Rojos de Topes de Collantes como base para la selección de indicadores de sostenibilidad* [Tesis presentada en opción al grado científico de Doctor en Ciencias Agrícolas]. Universidad Central de Las Villas (UCLV).
- Reyes, A., Menes, A. B., & Almaguer, J. (2002). Efecto del beneficio húmedo del café sobre las propiedades de un suelo Ferralítico de montaña. *Café Cacao*, 3(2), 70-72.
- Ríos, C., Muñoz, P., Zaldivar, M., & Rukis, T. (1982). Métodos para realizar el análisis zootécnico de los alimentos en los laboratorios agroquímicos, Estación Experimental «Escambray». *Instituto de investigaciones de Suelo y Agroquímica. Ministerio de la Agricultura CIDA*, 1-33.
- Salamanca, A., Sadeghian, S., & Amezquita, E. (2005). Densidad aparente en dos suelos de la zona cafetera y efecto sobre el crecimiento del cafeto. *CENICAFE*, 55(4), 330-340.
- Soto, F., Vantour, A., Hernández, A., Planas, A., Figueroa, A., Fuentes, P. O., Tejada, T., Morales, M., Vázquez, R., & Zamora, E. A. (2001). *Zonificación agroecológica del cafeto en los macizos montañosos Sagua-Nipe-Baracoa, Sierra Maestra y Guamuhaya. Informe final del proyecto.*
- Valencia, G. (1998). Factores que afectan la productividad del cafeto. En *Manual de nutrición y fertilización del café* (p. 61). INPOFOS.