

# Variabilidad del suelo en lotes cafeteros

## Consideraciones para el muestreo

Las propiedades del suelo varían en el espacio y el tiempo, como respuesta a los factores y procesos de formación (3, 9). La variabilidad espacial puede darse a cortas y largas distancias, desde unos pocos centímetros hasta varios kilómetros, y en forma horizontal, en superficie, y vertical, en profundidad.

Un ejemplo de la variabilidad horizontal a escala de lote (variaciones en metros) se observa en la **Figura 1**, en la cual el pH y los contenidos de potasio varían de forma independiente, lo que sugiere que la variabilidad es un fenómeno relacionado con cada propiedad del suelo y del sitio.

La variabilidad horizontal de las propiedades del suelo puede estar asociada con cambios en el relieve y el uso del suelo a través del tiempo. Un ejemplo de este último caso se presenta en la **Figura 2** para la materia orgánica y la porosidad total de los cafetales al sol y bajo sombra.

Una dinámica similar a la variabilidad horizontal ocurre para la vertical, en la que los cambios tienen lugar a lo largo del perfil del suelo, como se muestra en la **Figura 3** para la materia orgánica en dos unidades cartográficas de la zona cafetera de Colombia. Aunque esta propiedad disminuye con la profundidad, su magnitud es diferente en cada caso.

La variabilidad temporal, como su nombre indica, ocurre a través del tiempo, en la mayoría de los casos es ocasionada por el manejo de los suelos, principalmente por la erosión y la fertilización; un ejemplo de esta variabilidad se registra en la **Figura 4**, en la cual se observa cómo el pH llega al valor más bajo luego de 30 días de la fertilización con urea, como consecuencia de la nitrificación del amonio, y después de 180 días recupera el valor inicial. El nitrógeno nítrico proveniente de la urea alcanzó su pico a los 10 días después de la fertilización y el potasio logró su máximo valor entre los 30 y 60 días luego del suministro del fertilizante potásico (KCl). En los tres casos el efecto transitorio o residual de las aplicaciones tiene una duración aproximada de 3 a 4 meses.

En este sentido, para conocer la variabilidad de las propiedades del suelo se han diseñado estrategias de muestreo que conllevan a tener resultados más confiables, definiendo el número mínimo de muestras simples o submuestras a tomar, con el fin de cumplir con los parámetros de exactitud (qué tan cercano está el valor del análisis de suelo a la realidad en el campo) y precisión (reproducibilidad de los resultados).





**Cenicafé**  
Ciencia, tecnología  
e innovación  
para la caficultura  
colombiana

**Autores**

**Siavosh Sadeghian Khalajabadi**

Investigador Científico II

**Luz Adriana Lince Salazar**

Investigador Científico I

Disciplina de Suelos  
Centro Nacional de Investigaciones de  
Café - Cenicafé  
Manizales, Caldas, Colombia

**Edición**

Sandra Milena Marín López

**Fotografías**

Archivo Cenicafé

**Diagramación**

Luz Adriana Álvarez Monsalve

**Imprenta**

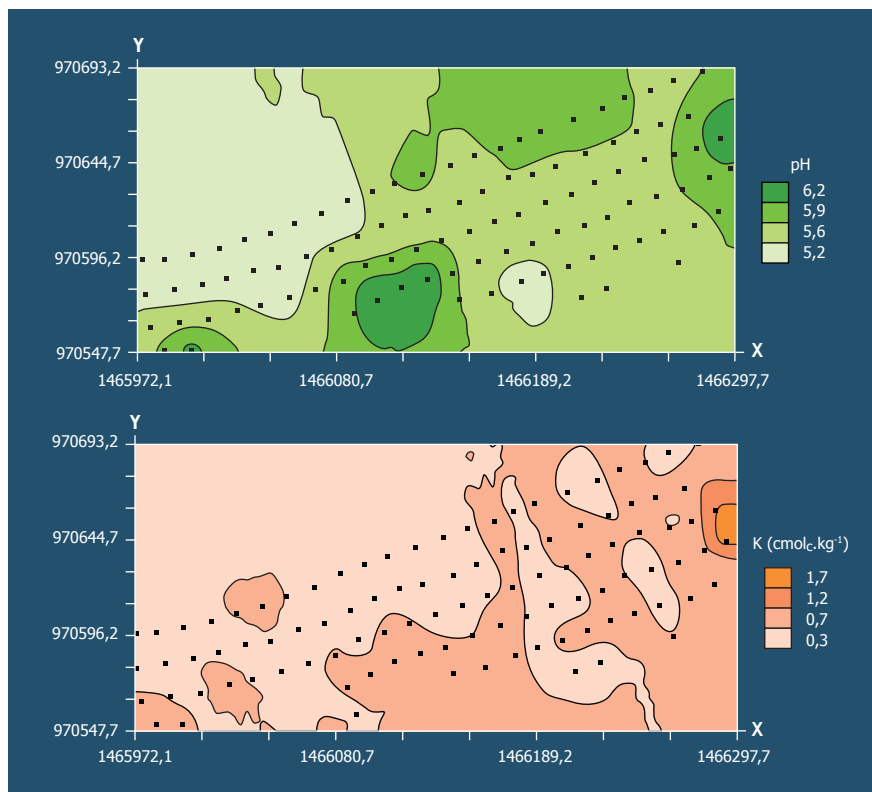
--

<https://doi.org/10.38141/10779/0446>

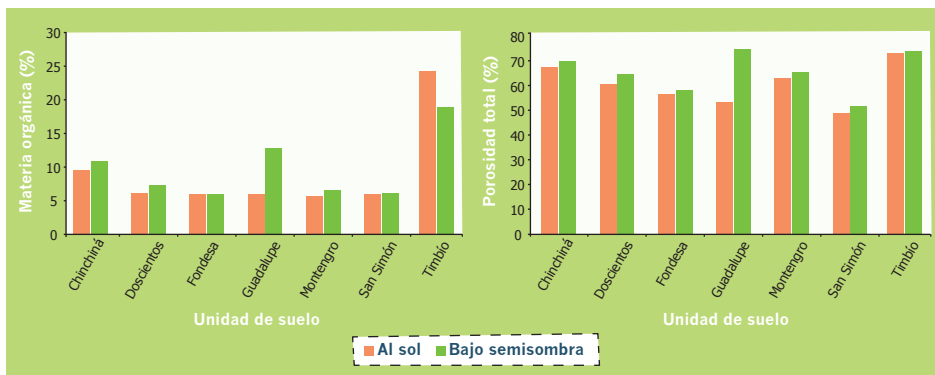
ISSN - 0120 - 0178

Los trabajos suscritos por el personal técnico del Centro Nacional de Investigaciones de Café son parte de las investigaciones realizadas por la Federación Nacional de Cafeteros de Colombia. Sin embargo, tanto en este caso como en el de personas no pertenecientes a este Centro, las ideas emitidas por los autores son de su exclusiva responsabilidad y no expresan necesariamente las opiniones de la Entidad.

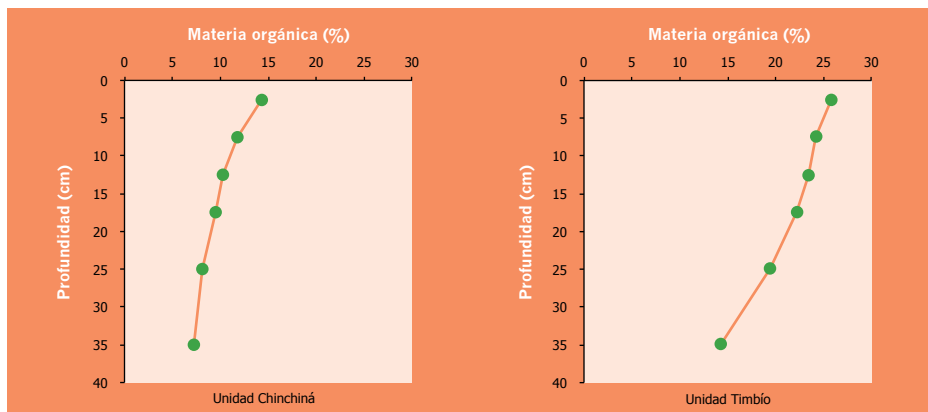
Manizales, Caldas, Colombia  
Tel. (6) 8506550 Fax. (6) 8504723  
A.A. 2427 Manizales  
[www.cenicafe.org](http://www.cenicafe.org)



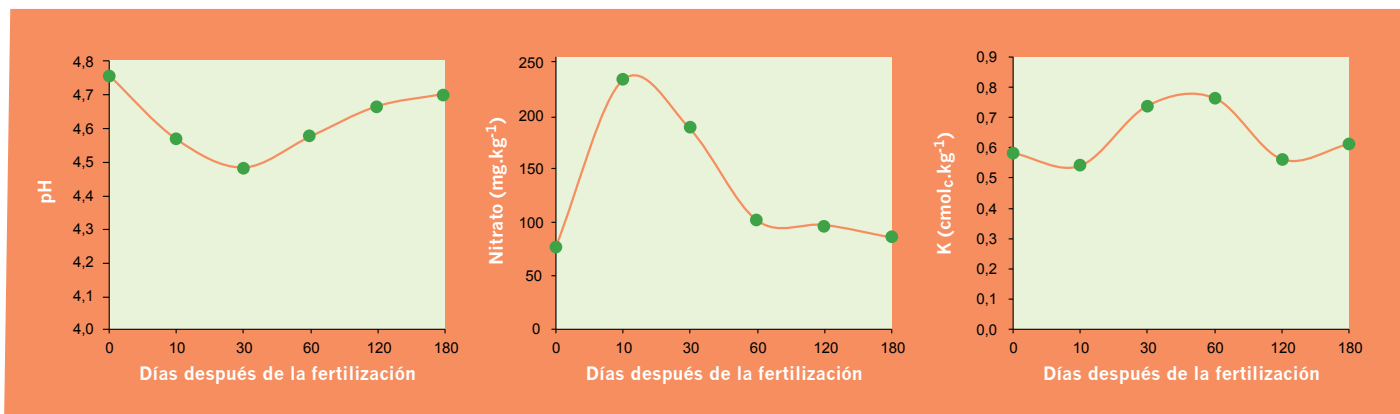
**Figura 1.** Variabilidad espacial del pH y potasio (K) del suelo para un cafetal en el municipio de Sevilla, departamento del Valle del Cauca (6).



**Figura 2.** Contenidos de materia orgánica y porosidad total del suelo en cafetales al sol y bajo semisombra, para siete unidades de suelos (1).



**Figura 3.** Contenidos de la materia orgánica del suelo a diferentes profundidades en dos unidades cartográficas (1).



**Figura 4.** Variaciones del pH y los contenidos de nitrógeno nítrico y potasio (K) intercambiable después de la fertilización. Valores promedio obtenidos en cinco Estaciones Experimentales de Cenicafé (8).

Con el propósito de conocer la variabilidad espacial de las propiedades del suelo, Ochoa (5) realizó un muestreo en dos lotes de café contrastantes en la variabilidad de sus propiedades, localizados en las Estaciones Experimentales Paraguaicito (municipio de Buenavista, Quindío) y Naranjal (municipio de Chinchiná, Caldas). En total se tomaron 100 muestras por hectárea, a 20 cm de profundidad, y se analizó cada una de manera independiente en el laboratorio. Con base en esta información, y basándose en la fórmula de Cline (2), Sadeghian (8) calculó el número de submuestras que se deben tomar por lote, según los errores relativos del 10% y 20%. Los resultados obtenidos revelan que uno de los sitios (Estación Central Naranjal) presenta una menor variabilidad y, por ende, requiere menos número de submuestras para conformar una muestra compuesta (**Tabla 1**); además, se corrobora que algunas propiedades del suelo son más variables que otras.

Para ilustrar en mayor detalle la información presentada, se toma como ejemplo el potasio. Para incurrir en un error relativamente bajo (10% con respecto al promedio real), es necesario tomar en el lote de Paraguaicito 30 submuestras, mientras que en Naranjal bastarán cinco. En el caso de aceptar un error del 20%, para Paraguaicito se necesitarán ocho y en Naranjal sólo una.

Un ejercicio similar se realizó para propiedades físicas y químicas de dos lotes de café en el departamento del Quindío, donde los resultados indican que el número de submuestras para análisis de pH, materia orgánica, CIC y la mayoría de propiedades físicas como arenas, arcilla, porosidad total, estabilidad de agregados, densidad aparente, humedad gravimétrica, resistencia a la penetración y distribución de agregados es más bajo en comparación con el resto de las propiedades, en especial magnesio, potasio, fósforo, calcio, boro, azufre y la conductividad hidráulica, debido a que los primeros presentan una menor variabilidad espacial (**Tabla 2**).

**Tabla 1.** Número mínimo de submuestras (muestras simples) para conformar una muestra compuesta\*, de acuerdo a una confiabilidad del 90% y errores relativos (E) de estimación del 10% y 20% (8).

Propiedad	Estación Experimental Paraguaicito			Estación Central Naranjal		
	CV (%)	ε = 10%	ε = 20%	CV (%)	ε = 10%	ε = 20%
pH	10	2	1	9	2	1
Material orgánica (%)	15	4	1	8	1	1
K (cmol.c.kg <sup>-1</sup> )	42	30	8	17	5	1
Ca (cmol.c.kg <sup>-1</sup> )	105	185	46	40	27	7
Mg (cmol.c.kg <sup>-1</sup> )	102	172	43	38	24	6
Al (cmol.c.kg <sup>-1</sup> )	64	68	17	35	20	5
P (mg.kg <sup>-1</sup> )	88	129	32	29	14	4

\*Fórmula de Cline (1944):  $NMM = (t.CV/E)^2$  donde: *NMM* es el número mínimo de muestras simples; *t* es el valor de la tabla t-Student para una confiabilidad determinada; *CV* corresponde al coeficiente de variación, expresado en porcentaje; *E* representa el error que se permite, expresado en porcentaje.

**Tabla 2.** Agrupación de propiedades químicas y físicas del suelo según el número mínimo de muestras o submuestras (NMM), de acuerdo a la confiabilidad y error de estimación (4).

Grupo	Propiedad	NMM	Confiabilidad (%)	Error (%)	CV (%)
1	pH, Ar, Pt, Ea, Da	10	95	5	≤10
2	MO, CIC, Hg, A, Rp, Dis	20	95	10	>10≤20
3	Mn, Fe, Zn	20	90	10	>20≤35
4	Al	20	95	20	>50≤60
5	K, Cu, Mg	20	90	20	>60≤70
6	P, Ca, B	20	80	20	>70≤90
7	S, Ch	20	75	20	>110≤150

A: arena, Al: Aluminio, Ar: arcilla, Ca: Calcio, Ch: Conductividad hidráulica, CIC: Capacidad de intercambio catiónico, Cu: Cobre, Da: Densidad aparente, Dis: Distribución de agregados, Ea: Estabilidad de agregados, Fe: Hierro, Hg: Humedad gravimétrica, K: Potasio, Mg: Magnesio, Mn: Manganeso, Pt: Porosidad total, Rp: Resistencia a la penetración, S: Azufre, Zn: Zinc.

## Consideraciones prácticas

Una muestra mal tomada conlleva a recomendaciones equivocadas, por ejemplo, cuando el muestreo se realiza después de una fertilización reciente el suelo es más ácido y contiene una mayor cantidad de nutrientes y, como es de esperarse, la recomendación incluirá un encalamiento y menores dosis de nutrientes. Debido a que la situación descrita es temporal, es decir, que el suelo tiende a recuperar su condición original luego de unos meses, las recomendaciones que se deriven de los análisis tendrán poca validez y, por lo tanto, aumentarán los riesgos económicos y ambientales.

Teniendo en cuenta la variabilidad espacial y temporal del suelo, se sugiere tener presente las siguientes recomendaciones:

- Realizar el muestreo de suelo 3 ó 4 meses después de la última aplicación de fertilizantes y enmiendas, dado el efecto residual de éstos.
- Dividir la finca en lotes homogéneos en cuanto al tipo de suelo (color, textura y profundidad, entre otras propiedades), uso a través del tiempo, topografía, edad de los cafetales, sombrero y las prácticas de fertilización y encalamiento realizadas recientemente.
- Evitar la recolección de las muestras en sitios no representativos como son las zonas erosionadas, encharcadas, caminos, lugares donde se hayan realizado quemas, hormigueros, áreas cercanas a las viviendas, patios, corrales y depósitos de cales y fertilizantes.
- Para lotes con menos de dos hectáreas tomar las submuestras en diez puntos, y para aquellos de mayor tamaño de 15 a 20 puntos.
- Para tener una representación de todo el lote, recorrerlo en zigzag y tomar la submuestra del suelo en el plato del árbol, a 20 cm de profundidad. Si el lote no ha sido sembrado, las submuestras se pueden tomar en cualquier punto del recorrido. En cada punto de muestreo se debe tomar la misma cantidad de suelo.



### Señor Caficultor

- El análisis de suelo es el mejor aliado para una adecuada fertilización de sus lotes.
- La calidad del análisis de suelo depende en primera instancia de un buen muestreo.
- Observe cuidadosamente los lotes de su finca antes del muestreo del suelo; esto le ayudará a identificar zonas homogéneas.

## Literatura citada

1. CARDONA, D. A.; SADEGHIAN K., S. 2005. Evaluación de propiedades físicas y químicas de suelos establecidos con café bajo sombra y a plena exposición solar. *Cenicafé* 56(4):384-364.
2. CLINE, M. G. 1944. Principles of soil sampling. *Soil Science*, 58, 275-288.
3. HOOSBEEK M. R. 1998. Incorporating scale into spatio-temporal variability: applications to soil quality and yield data. *Geoderma*, v. 85, p. 113-131.
4. LINCE S., L. A.; SADEGHIAN K., S. 2012. Número de muestras simples para el análisis de las propiedades del suelo. *Suelos Ecuatoriales* 42(2): 129-137.
5. OCHOA M., W. A. 2001. Variabilidad espacial del Nitrógeno disponible en dos andisoles de la zona cafetera. Palmira (Colombia), Universidad Nacional de Colombia. Facultad de Ciencias Agropecuarias. 90 p. Tesis: Ingeniero Agrónomo.
6. PATIÑO G., M. A. Caracterización de la fertilidad del suelo en la zona cafetera del departamento del Valle del Cauca. Manizales (Colombia), Universidad de Caldas, 2005. 195 p.
7. PATIÑO G., M. A.; SADEGHIAN K., S.; MONTOYA R., E.C. Caracterización de la fertilidad de los suelos de la zona cafetera del Valle del Cauca. Chinchiná (Colombia), *Cenicafé*, 2007. 44 p.
8. SADEGHIAN K., S. Evaluación de la fertilidad del suelo para una adecuada nutrición de los cultivos. Caso café. *Suelos ecuatoriales* 41(1):46-64. 2010.
9. WILDING, L. P., DREES, L. R. 1983. Spatial variability. In *Pedogenesis and soil Taxonomy. I. Concepts and interactions*, by L.P. Wilding, N.E. Smek and G.F. Hall (Editors), 83-116.

