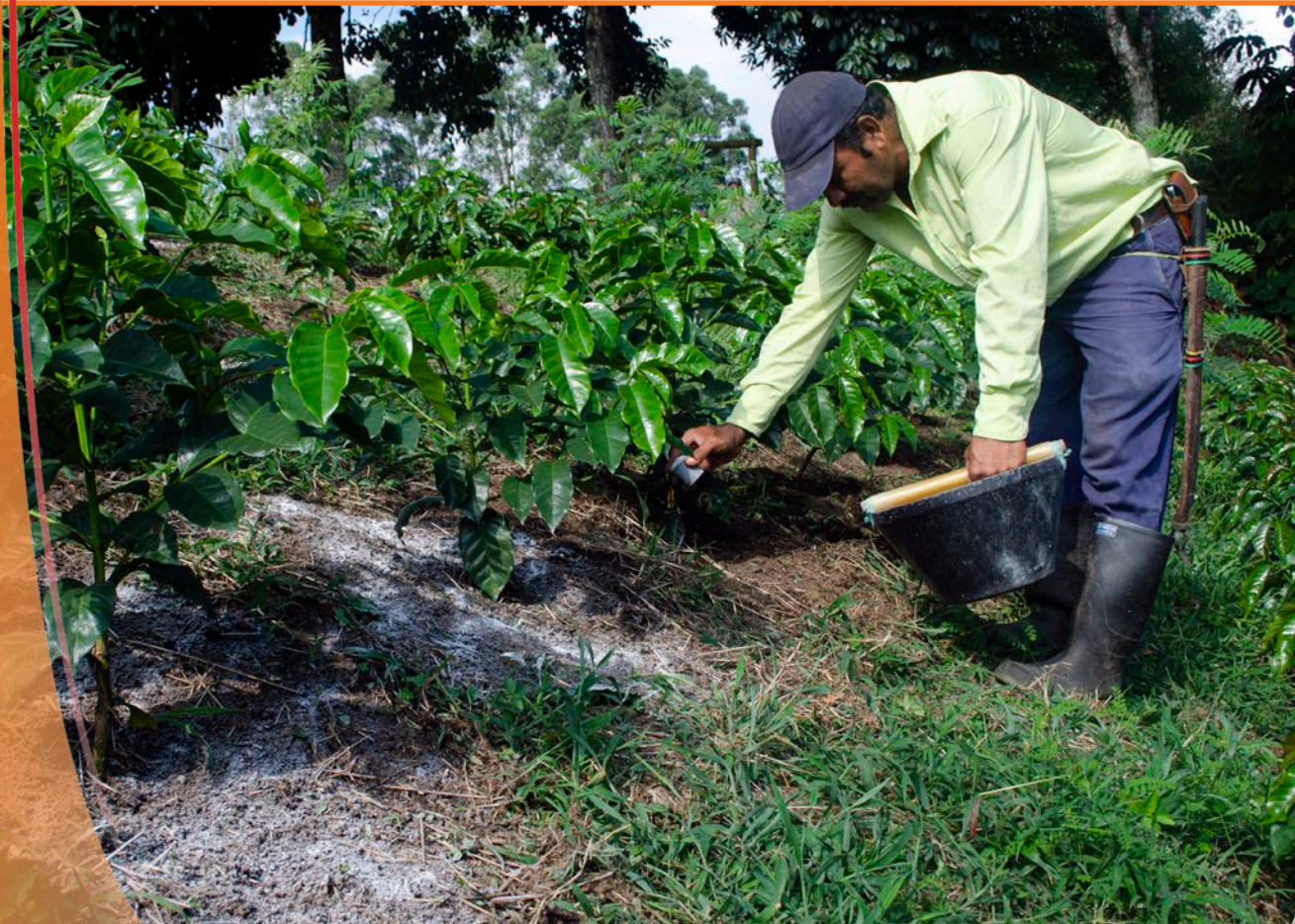


## Calidad de las enmiendas para corregir la acidez del suelo en la zona cafetera de Colombia

Una de las principales limitantes de la producción de café en Colombia es la acidez del suelo (Sadeghian, 2016). Para el manejo de este problema se aplican enmiendas, principalmente carbonatos, óxidos e hidróxidos de calcio y/o magnesio, con los que se busca elevar el pH, neutralizar el aluminio intercambiable ( $Al^{3+}$ ) y aportar nutrientes como calcio (Ca) y magnesio (Mg). En algunas ocasiones se emplean rocas fosfóricas, escorias Thomas y yeso agrícola. Actualmente, en el mercado nacional se ofrecen diferentes productos como correctivos de la acidez del suelo, sin que se disponga de información suficiente acerca de su calidad.





Ciencia, tecnología  
e innovación  
para la caficultura  
colombiana

#### Autores

##### Vanessa Catalina Díaz Poveda

Asistente de Investigación  
<https://orcid.org/0000-0002-4875-2258>

##### Siavosh Sadeghian Khalajabadi

Investigador Científico III  
<https://orcid.org/0000-0003-1266-0885>

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

DOI (Digital Object Identifier)  
<https://doi.org/10.38141/10779/0516>

#### Edición

Sandra Milena Marín López

#### Fotografías

Archivo Cenicafé

#### Diagramación

Óscar Jaime Loaiza Echeverri

#### Imprenta

ISSN-0120-0178

ISSN-2145-3691 (En línea)

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) 8500707  
A.A. 2427 Manizales  
[www.cenicafe.org](http://www.cenicafe.org)

En este Avance Técnico se presenta información básica acerca de las propiedades que deben tenerse en cuenta para determinar la calidad de las enmiendas empleadas en la corrección de la acidez del suelo. Adicionalmente, se presentan los resultados de una evaluación realizada a algunos productos de uso común en la caficultura colombiana, y se discute su pertenencia técnica y económica.

## Conceptos y definiciones

### Enmienda

De acuerdo con la Norma Técnica Colombiana NTC-1927 (ICONTEC, 2019), una enmienda o acondicionador del suelo, es toda sustancia cuya acción fundamental consiste en el mejoramiento de, por lo menos, una característica física, química o biológica del suelo. Se clasifican como:

- a. Materiales de encalado (cales). Acondicionadores inorgánicos de suelos que contienen uno o ambos elementos calcio y magnesio, generalmente en la forma de carbonatos, óxidos o hidróxidos, destinados fundamentalmente a mantener o corregir el pH del suelo. Estos productos no contienen nitrógeno (N), fósforo (P) o potasio (K) declarables.
- b. Otros acondicionadores con elementos secundarios. Acondicionadores inorgánicos de suelos; por ejemplo: sulfato de calcio dihidratado (yeso), azufre elemental (flor de azufre) y silicato de magnesio (serpentina).

Según la NTC-5424 (ICONTEC, 2006), las cales deben cumplir con los siguientes requisitos específicos:

- **Cal viva** (óxido de Ca-CaO): contenido mínimo de 70% de Ca, expresado como CaO.
- **Cal apagada** (hidróxido de Ca-Ca(OH)<sub>2</sub>): contenido mínimo de 52% de Ca, expresado como CaO.
- **Cal agrícola** (carbonato de Ca-CaCO<sub>3</sub>): contenido mínimo de 39,2% de Ca, expresado como CaO.
- **Cal dolomita** (carbonatos de Ca y Mg-CaCO<sub>3</sub>.MgCO<sub>3</sub>): contenido mínimo de 43% de la suma de Ca y Mg, expresados como CaO y MgO, respectivamente, y contenido mínimo de magnesio expresado como MgO del 12%.

### Calidad de las enmiendas

Este atributo está relacionado con la composición química y las propiedades físicas de los productos, tales como humedad, eficiencia granulométrica, poder de neutralización y equivalente químico.

### Humedad-H.

Se refiere a la cantidad de agua contenida en el material, se expresa en porcentaje.

## Eficiencia granulométrica-EG.

Es un parámetro que mide la fineza de los materiales y está asociado a una eficiencia relativa, de acuerdo con el tamaño de las partículas. En razón de que las enmiendas poseen una baja solubilidad en agua, su reactividad depende del tamaño de las partículas que las componen, pues entre más finas, reaccionarán en un tiempo más corto (Bernier *et al.*, 2006). Para medir la eficiencia granulométrica de una enmienda, una cantidad determinada del material se pasa por tamices de diferentes tamaños (Tabla 1). Las partículas retenidas en la malla de 8 mesh (número de orificios por pulgada cuadrada), presentan una eficiencia relativa nula, mientras que las partículas que pasen por la malla de 60 mesh tendrán una eficiencia relativa del 100%. La eficiencia granulométrica de las enmiendas se calcula mediante la sumatoria de las eficiencias relativas de cada fracción. Según la normativa colombiana NTC-5424 (ICONTEC, 2006) “las enmiendas inorgánicas pulverizadas deben pasar en su totalidad por el mesh No.20 (840  $\mu$ m-micrómetros) y en un 50% mínimo por el mesh No.100 (149  $\mu$ m)”.

**Tabla 1:** Eficiencia relativa de las diferentes fracciones granulométricas de las enmiendas.

Número de malla (mesh)	Abertura de orificios (mm)	Eficiencia relativa (%)
Menor de 8	Mayor de 2,38	0
Entre 8 y 20	Entre 2,38 y 0,85	20
Entre 20 y 40	Entre 0,85 y 0,42	40
Entre 40 y 60	Entre 0,42 y 0,25	60
Mayor de 60	Menor de 0,25	100

## Poder de neutralización-PN.

Se refiere a la capacidad de una enmienda para neutralizar la acidez del suelo, la cual depende

de la reacción de los aniones presentes, tomando como referente el  $\text{CaCO}_3$  con un valor de 100%. La valoración del PN se realiza en el laboratorio por la neutralización de una solución de ácido clorhídrico con la enmienda, la cual mide el potencial químico del producto. Por titulación con una base fuerte se cuantifica la cantidad de ácido neutralizado.

## Equivalente químico-EQ.

También conocido como valor de neutralización-VN, permite conocer la capacidad que tiene una cal, expresada en porcentaje equivalente de  $\text{CaCO}_3$ , para neutralizar la acidez activa ( $\text{H}^+$ ) del suelo a partir de sus contenidos de Ca y Mg. Este parámetro puede aplicarse sólo a los materiales que tienen poder para aumentar el pH, específicamente óxidos, hidróxidos y carbonatos. Por esta razón no es adecuado calcular el EQ para enmiendas como el yeso agrícola o productos que carecen de poder para neutralizar la acidez activa.

## Poder relativo de neutralización total-PRNT.

Sirve para valorar de manera integral la calidad de una enmienda a partir de EG, PN y H (Ecuación <1>). Para el caso del cultivo de café, se recomienda que la cal empleada tenga un PRNT mínimo de 75% (Malavolta, 1993).

$$PRNT = \frac{EG \times PN}{100} \times \frac{(100-H)}{100} \quad <1>$$

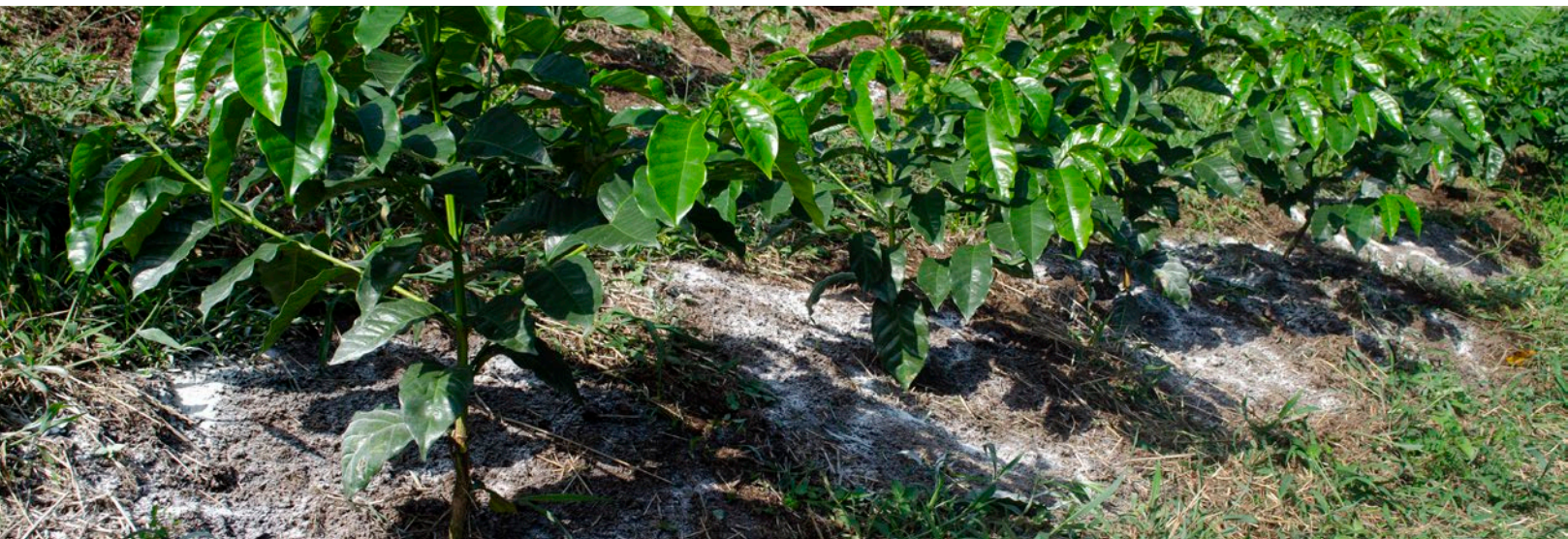
## Evaluación de las enmiendas de uso común en la caficultura Colombiana

Dado que la acidez del suelo es un problema en la caficultura colombiana y que, actualmente en el mercado nacional se ofrece una amplia diversidad de

“ Los contenidos de Ca y Mg de las enmiendas no son indicativos de su capacidad para corregir la acidez del suelo. Esta depende del anión que los acompaña: óxido, hidróxido y carbonato. ”

productos de los que no se conocen sus propiedades, se evaluó la calidad de algunas enmiendas de uso común para corregir la acidez del suelo. Se realizó una selección de los 30 productos más empleados por los caficultores, de acuerdo con información suministrada por los Líderes de Extensión Rural de 14 departamentos cafeteros del país. Entre las enmiendas seleccionadas sobresalen carbonatos de calcio, dolomitas, cales apagadas, rocas fosfóricas, yesos agrícolas y productos que son mezclas de varios compuestos. Una vez adquiridas las enmiendas se evaluaron las siguientes propiedades: PN, EG, H, PRNT, P soluble y contenido total de Ca, Mg y P (Tabla 2). Se destacan los siguientes resultados:

- Las cales agrícola, dolomita y apagada presentaron valores de PRNT entre 62% y 115%, indicando así que estas enmiendas difieren en su capacidad de neutralizar la acidez del suelo.
- Las tres cales agrícolas analizadas cumplieron con el requisito específico de un contenido mínimo de CaO del 39,2%.
- De las ocho enmiendas adquiridas como dolomitas, tres contenían menos del 12% de MgO.
- Los productos clasificados como hidróxido de calcio (cal apagada) presentaron los valores más altos de PN, y cumplieron con el requisito específico de poseer un contenido mínimo de 52% de CaO.
- La cal magnesiana evaluada presentó contenidos de CaO y MgO similares a la dolomita; sin embargo, su poder de neutralización fue menor. Este resultado se relaciona con la composición química del producto, pues resulta de la mezcla física de carbonato de Ca y silicato de Mg.
- Las rocas fosfóricas (productos 16 al 21), presentaron una baja capacidad correctiva de la acidez (PN entre 12 y 22%) y bajos contenidos de fósforo soluble. Escorias Thomas, producto 22, presentó un PN del 69% y un contenido de fósforo ( $P_2O_5$ ) soluble del 9%. El producto 23, el cual corresponde a una roca fosfórica parcialmente acidulada, exhibió muy bajo PN y fósforo disponible del 10%. El contenido de fósforo y el PN de la enmienda comercializada como termofosfato (producto 24) fueron bajos y su contenido de MgO medio.
- Las enmiendas compuestas (productos 25 y 26), las cuales por lo general resultan de la mezcla de carbonato de Ca, silicato de Mg, yeso y roca fosfórica, presentaron valores de PN entre 59% y 61%, y PRNT entre 46% y 52%. Sus contenidos de MgO variaron entre 12% y 18%, el aporte de P soluble fue nulo y el contenido reportado de azufre, según la ficha técnica, es de 3% al 5%.
- El sulfato de calcio dihidratado o yeso agrícola, no tiene mayor poder para incrementar el pH del suelo; sin embargo, los productos evaluados (28 al 30), presentaron un PN entre 14% y 32%, posiblemente debido a que contienen algún compuesto con capacidad de neutralizar la acidez del suelo; por ejemplo, una cal.
- Las humedades más altas fueron detectadas en los yesos agrícolas. Para el caso de las rocas fosfóricas, que se comercializan como abonos o fertilizantes, la NTC-1361 (ICONTEC, 2000) establece un contenido máximo de humedad del 5%. Cabe resaltar que para las enmiendas inorgánicas no se encuentra regulado un valor máximo permisible de humedad, no obstante, esta información debe ser incluida en la etiqueta del producto.



**Tabla 2:** Valores promedio de poder de neutralización (PN), eficiencia granulométrica (EG), humedad (H), poder relativo de neutralización total (PRNT), y contenidos de calcio, magnesio, fósforo total y fósforo soluble en ácido cítrico al 2% de las enmiendas evaluadas.

Número del producto	Tipo de enmienda	PN (%)	EG (%)	Humedad (%)	PRNT (%)	CaO (%)	MgO (%)	P total, P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> (%)	P soluble, P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> (%)
1	Cal agrícola	100±2*	62±7	0,0	62±8	56,6±0,7	3,0±0,6	N.A.	N.A.
2	Cal agrícola	98±5	76±1	0,0	74±4	56,2±1,0	2,0±0,1	N.A.	N.A.
3	Cal agrícola	96±0	96±1	0,1±0,29	93±0	52,9±5,0	2,1±0,3	N.A.	N.A.
4	Cal dolomita	103±3	77±2	0,1±0,29	80±1	34,7±4,4	16,3±0,8	N.A.	N.A.
5	Cal dolomita	102±1	76±1	0,4±0	77±1	34,9±0,8	14,0±0,7	N.A.	N.A.
6	Cal dolomita	93±1	75±1	0,1±0,29	69±2	21,7±9,7	11,7±5,3	N.A.	N.A.
7	Cal dolomita	93±1	77±1	0,1±0,29	71±1	36,4±1,6	5,3±0,3	N.A.	N.A.
8	Cal dolomita	99±2	89±1	0,0	89±1	34,5±0,4	16,4±0,5	N.A.	N.A.
9	Cal dolomita	100±2	80±5	0,0	80±5	59±7,0	2,3±0,0	N.A.	N.A.
10	Cal dolomita	93±1	79±1	0,1±0,29	73±1	34,9±1,4	9,9±0,6	N.A.	N.A.
11	Cal dolomita	103±1	79±1	0,0	81±1	35,7±0,0	15,4±1,7	N.A.	N.A.
13	Cal magnesiana	86±1	78±4	0,1±0,29	67±4	34,7±0,6	17,1±0,7	N.A.	N.A.
14	Cal apagada	120±1	96±1	0,0	115±1	62,8±2,8	4,0±0,4	N.A.	N.A.

Continúa...

...continuación.

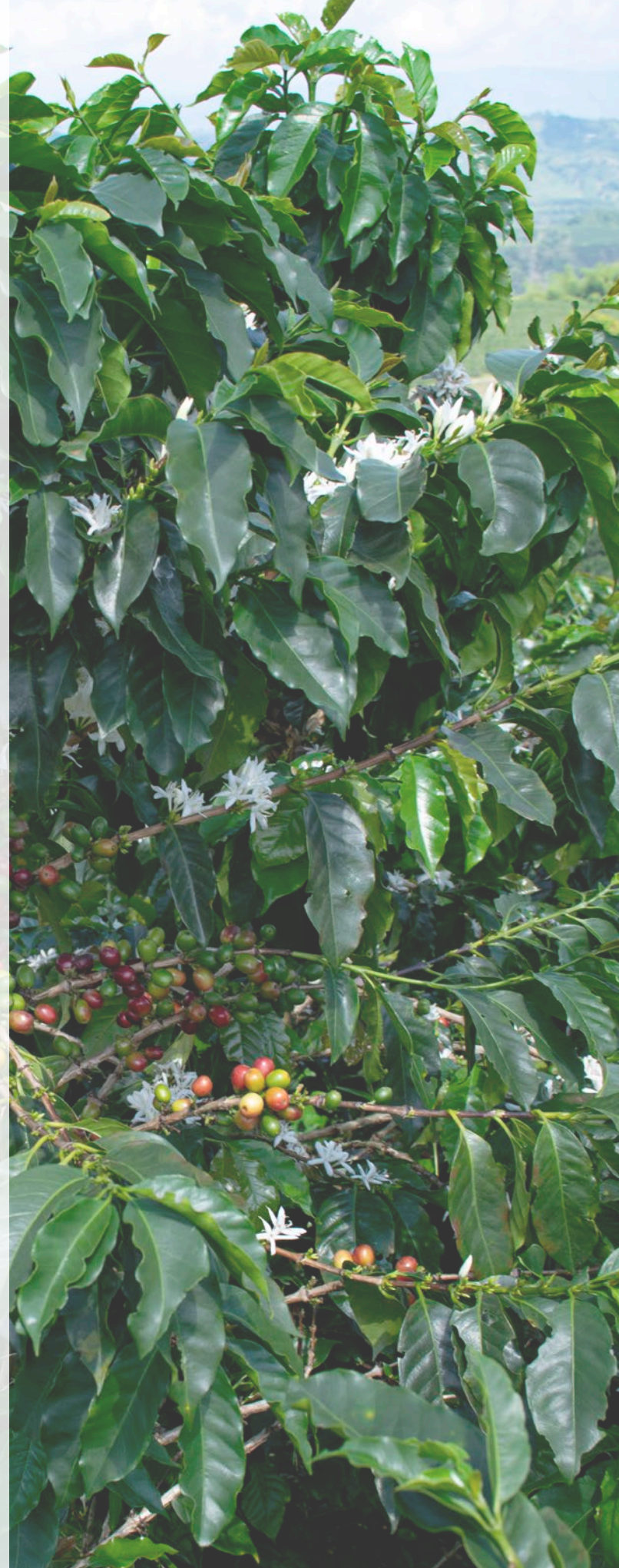
Número del producto	Tipo de enmienda	PN (%)	EG (%)	Humedad (%)	PRNT (%)	CaO (%)	MgO (%)	P total, P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> (%)	P soluble, P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> (%)
15	Cal apagada	116±6	80±5	0,0	93±8	62,9±0,7	0,3±0,0	N.A.	N.A.
16	Roca fosfórica	22±5	73±6	1,2±0,0	16±5	5,2±0,2	5,2±1,2	21,5±7,8	6,5±1
17	Roca fosfórica	15±4	93±1	1±0,9	14±4	34,2±1,6	0,2±0,0	21,1±8,6	6,6±0,3
18	Roca fosfórica	15±1	93±1	1±0,5	14±1	36,3±0,8	0,2±0,0	29,1±5,8	6,0±0,4
19	Roca fosfórica	15±2	69±1	0,6±0,9	10±1	35,6±0,6	0,3±0,3	27,3±5	5,3±0,2
20	Roca fosfórica	14±2	71±1	1,2±0,5	10±2	33,9±1,7	0,2±0,0	20,5±2,7	8,0±0,7
21	Roca fosfórica	12±2	77±3	0,8±0,5	10±2	25,9±3,5	0,1±0,1	19,5±1,1	6,6±1,5
22	Escorias Thomas	69±5	88±2	0,6±0,5	60±5	35,8±1,2	2,8±0,6	11,8±1,6	9,0±0,7
23	Roca fosfórica acidulada y granulada	3±0	N.A.**	5,7±0,56	N.A.	30,5±13,3	0,6±0,3	18,5±2,8	9,9±0,3
24	Termofostato	38±4	71±1	0,7±0,3	27±2	22,2±0,3	10,4±0,3	16,7±2,9	7,0±0,6
25	Enmienda compuesta	61±4	76±1	2,1±0,3	46±3	20,5±0,4	11,9±1,7	4,2±0,3	0,1±0,0
26	Enmienda compuesta	59±1	93±1	5,3±0,3	52±1	18,9±0,7	17,9±4,7	2,3±0,2	0,1±0,0
27	Cal dolomita calcinada	90±1	72±2	0,3±0,6	64±2	51,4±0,5	22,6±2,6	4,5±1,2	0,4±0
28	Yeso agrícola	32±3	75±1	4±0,5	23±2	24,1±0,2	4,4±0,6	N.A.	N.A.
29	Yeso agrícola	14±1	65±7	19,2±1,5	7±1	23,6±5,3	2,7±1,0	N.A.	N.A.
30	Yeso agrícola	14±1	70±2	19,6±0,7	8±0	19,3±4,4	2,5±1,1	N.A.	N.A.

\*Límites de confianza al 95%.

\*\*N.A.: no aplica medición de EG y, por consiguiente, cálculo de PRNT ya que es un producto granulado. No aplica medición del contenido de P.

## Consideraciones

- Dado que las deficiencias de Mg son frecuentes en los suelos de la zona cafetera del país, resulta apropiado el uso de la cal dolomita. Esta enmienda corrige la acidez y aporta Ca y Mg; además, su costo frente a otros productos es menor.
- La cal apagada puede ser una alternativa en suelos ácidos que no presentan deficiencias de Mg. Su costo relativo puede ser una desventaja frente a la cal agrícola.
- Puesto que el contenido de fósforo disponible de escorias Thomas y las rocas fosfóricas no supera el 10%, se hace necesario suministrar cantidades altas para satisfacer los requerimientos del elemento en el cultivo de café (entre 500 y 1.000 kg ha-año-1 para proporcionar 50 kg ha-año-1 de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>). Estos productos tienen un costo relativamente alto, por lo tanto, al comparar la relación beneficio/costo frente a otros fertilizantes como fosfato diamónico-DAP o fosfato monoamónico-MAP, resultan no ser tan rentables.
- Con respecto a las enmiendas compuestas, dado su menor poder de neutralización, será necesario aplicar mayores dosis de estas para lograr resultados similares a los que se obtienen con las cales; además, es posible realizar una mezcla de dolomita y yeso agrícola en la finca, opción que resulta más económica. En cuanto al silicio, no se tienen evidencias de su efecto en café para condiciones de Colombia.



## Señor caficultor

**Para solucionar los problemas de acidez del suelo en su finca debe basarse en los resultados de un análisis de suelo y seleccionar un producto de buena calidad.**

## Literatura citada

- Bernier, R. & Alfaro, M. (2006). Acidez de los suelos y efectos del encalado. *Boletín INIA*, 151, 28-34.
- ICONTEC. (2000). NTC1361- *Abonos o fertilizantes. Roca fosfórica para aplicación directa al suelo*. Bogotá.
- ICONTEC. (2019). NTC1927- *Fertilizantes y acondicionadores de suelos. Definiciones, clasificación y fuentes de materias primas*. Bogotá.
- ICONTEC. (2006). NTC5424- *Productos químicos básicos para la industria agrícola. Enmiendas inorgánicas*. Bogotá.
- Malavolta, E. (1993). *Nutrição mineral e adubação do cafeeiro: Colheitas económicas máximas*. São Paulo: Editora Ceres.
- Sadeghian, S. (2016). La acidez del suelo, una limitante común para la producción de café. *Avances Técnicos Cenicafé*, 466, 1-12. Recuperado de <http://hdl.handle.net/10778/704>

