

ENMIENDAS PARA CAFÉ: Ajuste correctamente la acidez del suelo

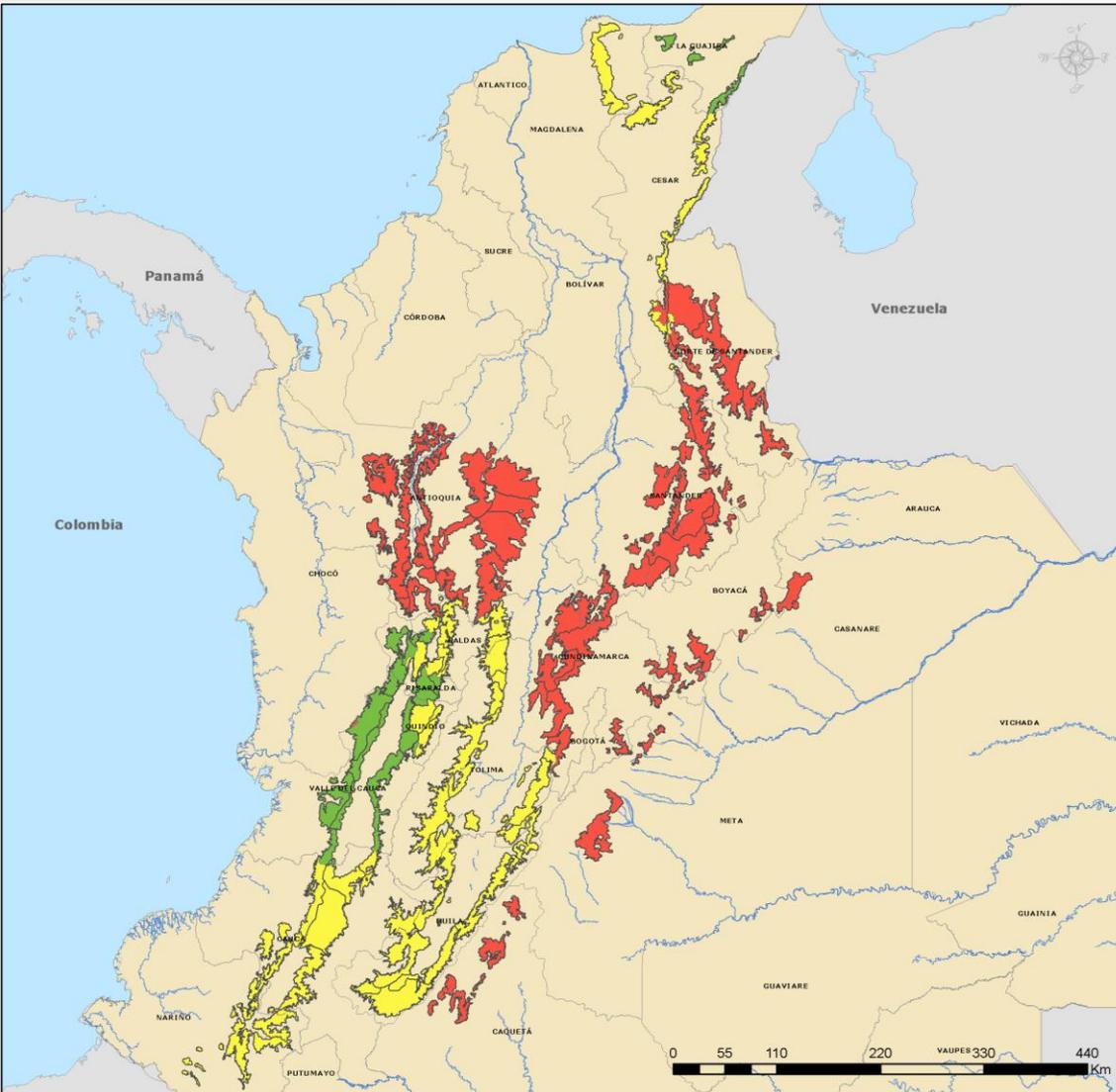
Vanessa Díaz Poveda
Disciplina de Suelos



La acidez en Colombia

Acidez del suelo:
Una limitante común en la
producción de café
en Colombia.

(Sadeghian, 2013)



% muestras con pH menor a 5,0 por departamento	Convención
Mayor al 60%	
60-40%	
Menor al 40%	

Medición de la acidez del suelo

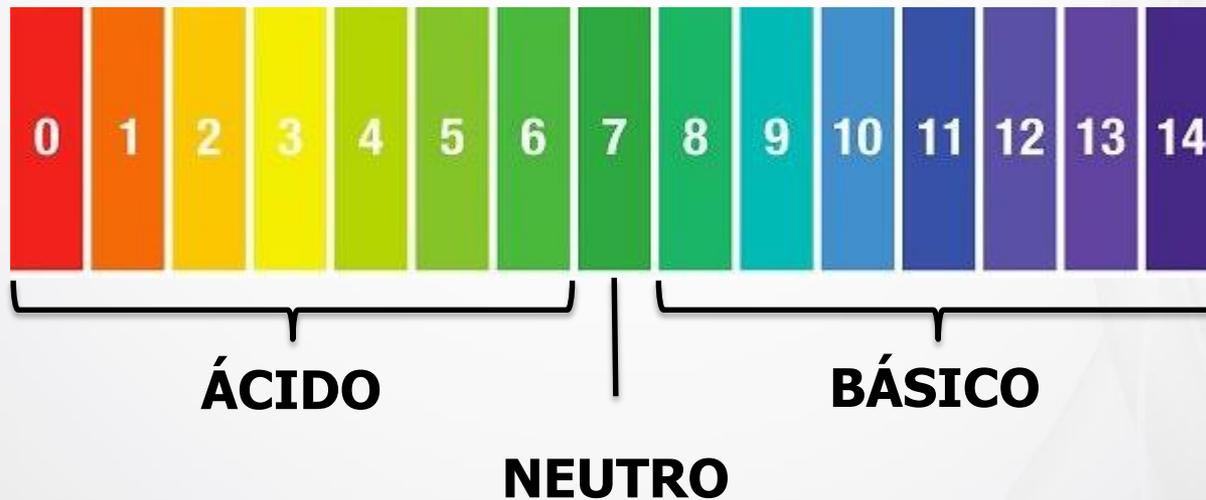
pH



$$\text{pH} = -\log [\text{H}_3\text{O}^+]$$

$$\text{pH} = -\log [\text{H}^+]$$

Escala de pH



Causas de la acidez

Naturales o biogénicas



Lavado de bases intercambiables (potasio, calcio y magnesio) por las lluvias

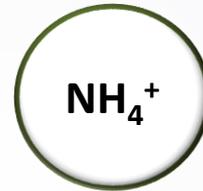


Descomposición de la materia orgánica



Absorción de bases intercambiables por las raíces

Antropogénicas

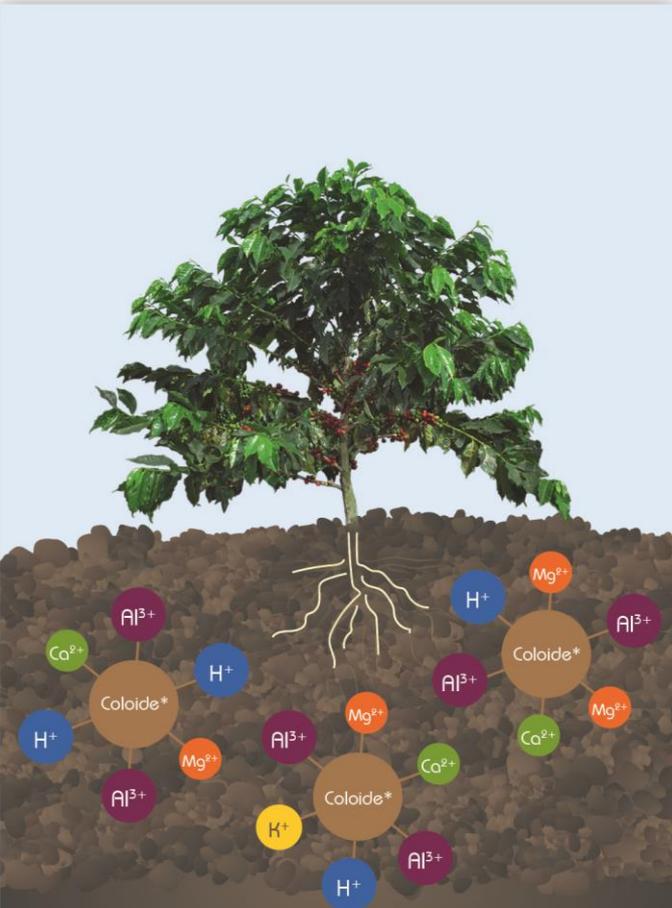


Nitrificación del amonio (fuentes amoniacales)



Lixiviación de bases por unión con aniones nitrato, sulfato y/o cloruro, entre otros

Suelo ácido para café



Pérdida de nutrientes por lixiviación



Menor capacidad de intercambio catiónico-CIC

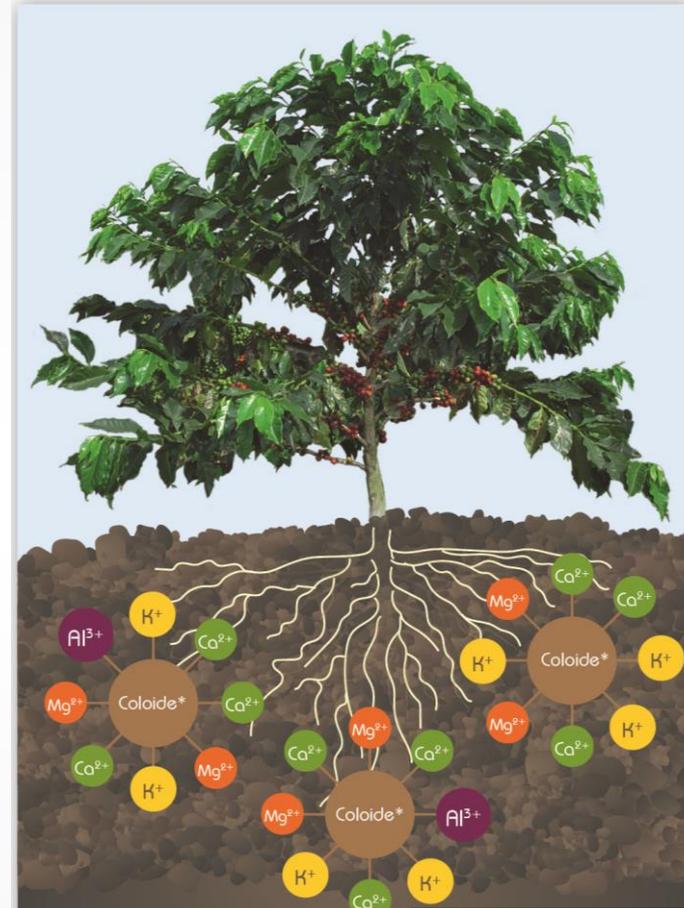
Menor disponibilidad de Ca^{2+} Mg^{2+} K^+

Mayor toxicidad por Al^{3+}

Menor crecimiento radical

Mayores pérdidas por lixiviación

Suelo con acidez adecuada para café



Pérdida de nutrientes por lixiviación



Mayor capacidad de intercambio catiónico-CIC

Mayor disponibilidad de Ca^{2+} Mg^{2+} K^+

Menor toxicidad por Al^{3+}

Mayor crecimiento radical

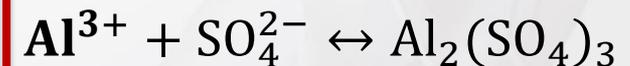
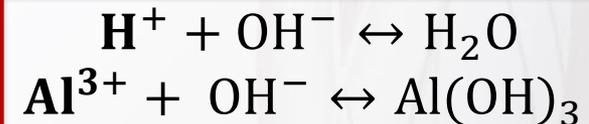
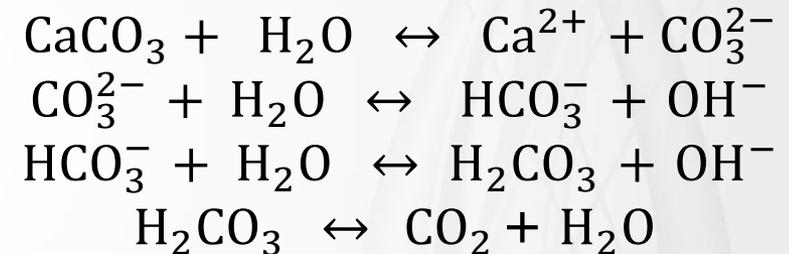
Menores pérdidas por lixiviación

Manejo de la acidez

Encalamiento: aplicación de sales básicas que aumentan el pH, neutralizan el Al^{3+} y aportan simultáneamente nutrientes como Ca y Mg.



Imagen: Óscar Jaime Loaiza



Definiciones

Enmienda: toda aquella sustancia cuya acción fundamental consiste en el mejoramiento de una o más de las propiedades físicas, químicas o biológicas del suelo.

Cales

Materiales que contienen Ca y/o Mg, generalmente en la forma de carbonatos, óxidos e hidróxidos, destinados fundamentalmente a corregir el pH del suelo.

Otros

Materiales que contienen elementos secundarios: yeso, silicato de magnesio, flor de azufre, entre otros.



Imagen: Óscar Jaime Loaiza

IMPORTANTE

Todas las cales son enmiendas y permiten corregir la acidez del suelo, sin embargo, no todas las enmiendas tienen la capacidad para corregir la acidez.

Los contenidos de Ca y Mg de las enmiendas no son un indicativo de su capacidad para corregir la acidez del suelo. Esta capacidad depende del anión que acompaña estos elementos, de los cuales se destacan los óxidos, hidróxidos y carbonatos.

Cales

Según la NTC 5424, las cales deben cumplir con los siguientes requisitos específicos:

- **Cal viva (CaO):** contenido mínimo de 70% de Ca, expresado como CaO.
- **Cal apagada (Ca(OH)₂):** contenido mínimo de 52% de Ca, expresado como CaO.
- **Cal agrícola (CaCO₃):** contenido mínimo de 39,2% de Ca, expresado como CaO.
- **Cal dolomita (CaCO₃.MgCO₃):** contenido mínimo de 43% de la suma de Ca y Mg, expresados como CaO y MgO, respectivamente, y MgO del 12%.



Calidad de las enmiendas para corregir la acidez del suelo

Eficiencia granulométrica, EG

- Basado en la fineza de las partículas.
- Define la velocidad de reacción del material.

Poder de neutralización, PN

Equivalente químico, EQ

Eficiencia granulométrica, EG

Eficiencia relativa de las diferentes fracciones granulométricas de los productos.

Número de malla, Mesh*	Abertura, mm	Eficiencia relativa (F), %
<8	>2,36	0
8-20	2,36-0,85	20
20-40	0,85-0,42	40
40-60	0,42-0,25	60
>60	<0,25	100

*Mesh: número de orificios por pulgada cuadrada.



Calidad de las enmiendas para corregir la acidez del suelo

Eficiencia granulométrica, EG

- Basado en la fineza de las partículas.
- Define la velocidad de reacción del material.

Poder de neutralización, PN

- Capacidad de la enmienda para neutralizar la acidez del suelo, la cual depende a su vez de la capacidad de reacción de los aniones presentes, expresada con base al CaCO_3 con un valor de 100%.

Equivalente químico, EQ

Poder de neutralización, PN



Calidad de las enmiendas para corregir la acidez del suelo

Eficiencia granulométrica, EG

- Basado en la fineza de las partículas.
- Define la velocidad de reacción del material.

Poder de neutralización, PN

- Capacidad de la enmienda para neutralizar la acidez del suelo, la cual depende a su vez de la capacidad de reacción de los aniones presentes, expresada con base al CaCO_3 con un valor de 100%.

Equivalente químico, EQ

- Pureza del material referida al contenido de Ca y Mg.
- Se expresa como la capacidad para neutralizar la acidez comparada con el poder de neutralización del CaCO_3 al cual se le asigna un valor de 100%.

Equivalente químico, EQ

$$\% \text{EQCaCO}_3 = \text{CaO}(\%) \times 1,79 + \text{MgO}(\%) \times 2,48$$

$$\% \text{EQCaCO}_3 = \text{CaCO}_3(\%) \times 1,00 + \text{MgCO}_3(\%) \times 1,19$$

El EQ se determina con base en el contenido de Ca y Mg, cationes que pueden estar combinados con aniones de reacción neutra, de manera que el EQ puede **sobreestimar** el PN.

El EQ permite establecer la capacidad, estrictamente de una cal, para neutralizar la acidez del suelo.

Poder Relativo de Neutralización Total, PRNT

$$\text{PRNT} = \frac{\text{EG} \times \text{PN}}{100} \times \frac{(100 - \text{H})}{100}$$

Donde:

EG: eficiencia granulométrica, %

PN: poder de neutralización, %

H: humedad, %

Para el caso del cultivo de café se recomienda que el producto a emplear tenga un PRNT mínimo de **75%**.

Expectativa Vs. Realidad

Producto integral

Valoración	EG, %	EQ, %	PN, %	PRNT, %
Cenicafé	76	66	61	46
Empresa	85	102	---	87

Carbonato de calcio
Sulfato de calcio
Roca fosfórica
Silicato de magnesio

Termofosfato

Valoración	EG, %	EQ, %	PN, %	PRNT, %
Cenicafé	71	65	38	27
Empresa	93	72	---	67

Roca fosfórica
Silicato de magnesio

Dolomitas

Valoración	EG, %	EQ, %	PN, %	PRNT, %
Cenicafé	79	102	103	81
Cenicafé	89	103	99	89

Carbonato de calcio
Carbonato de magnesio



Imagen: Óscar Jaime Loaiza

Justificación

Actualmente en el mercado nacional se ofrece una amplia diversidad de productos de los que no se dispone de información suficiente acerca de su calidad.

Objetivo

Evaluar las enmiendas de uso común en la caficultura colombiana para corregir la acidez.

Materiales y métodos

Fase I:

Evaluación de las propiedades de las enmiendas de uso común en la caficultura

- Selección y compra de las enmiendas
- Poder de neutralización-PN
- Humedad-H
- Eficiencia granulométrica-EG
- Poder relativo de neutralización total-PRNT
- Contenidos de calcio, magnesio y fósforo

Fase II:

Evaluación del efecto como correctivo de acidez de las enmiendas en una muestra de suelo con problema de acidez.

Resultados fase I



Imagen: Óscar Jaime Loaiza

Selección de enmiendas

Información recolectada a través de los Líderes de Extensión rural de 14 departamentos cafeteros del país.

Departamento	Número de productos
Antioquia	15
Caldas	7
Cauca	7
Cesar-Guajira	4
Cundinamarca	9
Huila	6
Llanos	3
Magdalena	4
Nariño	9
Norte de Santander	6
Quindío	13
Risaralda	7
Santander	9
Tolima	7
Total	106



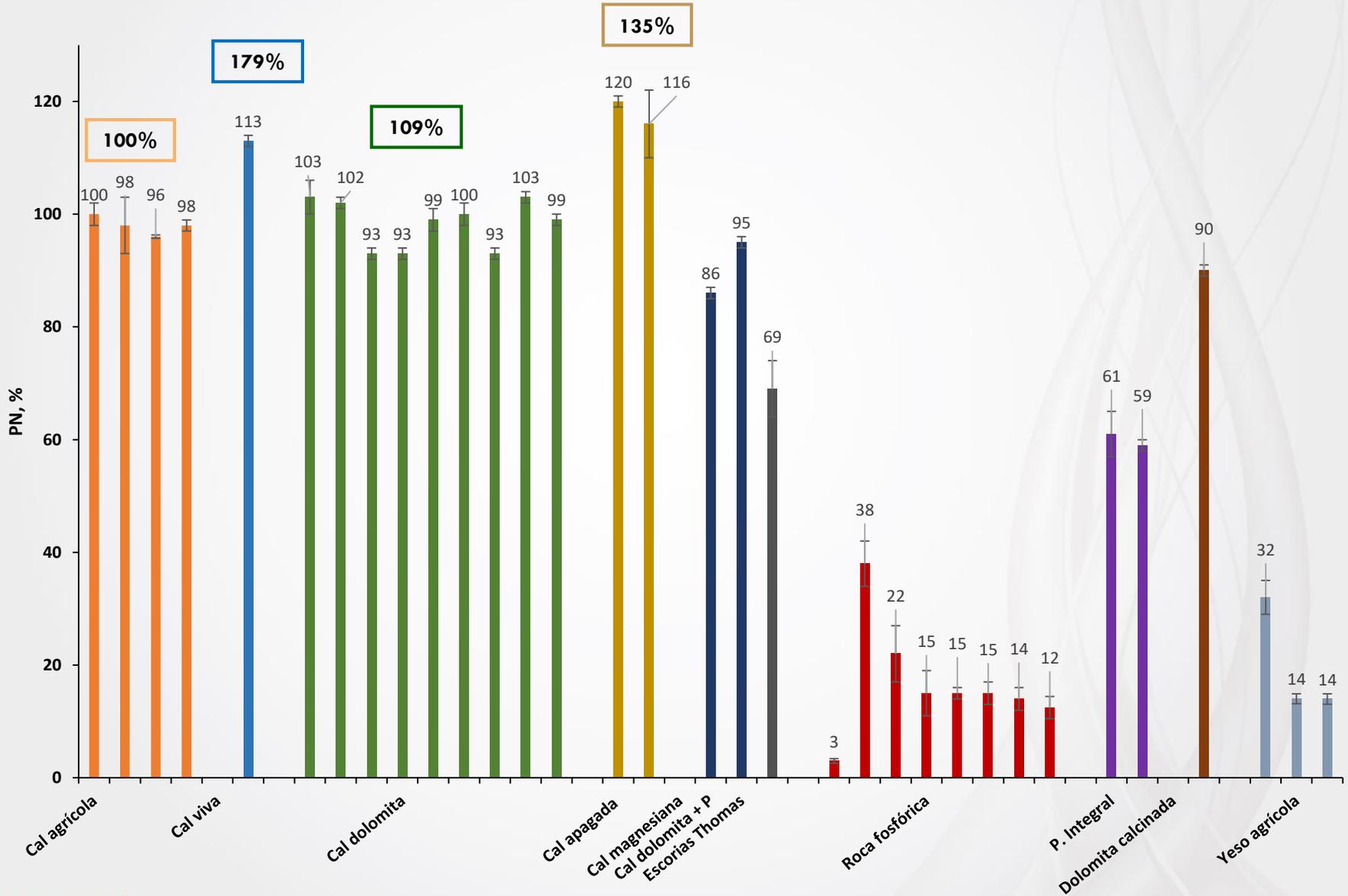
En la ZCC se comercializan más 40 enmiendas diferentes en nombre y marca para corregir la acidez del suelo



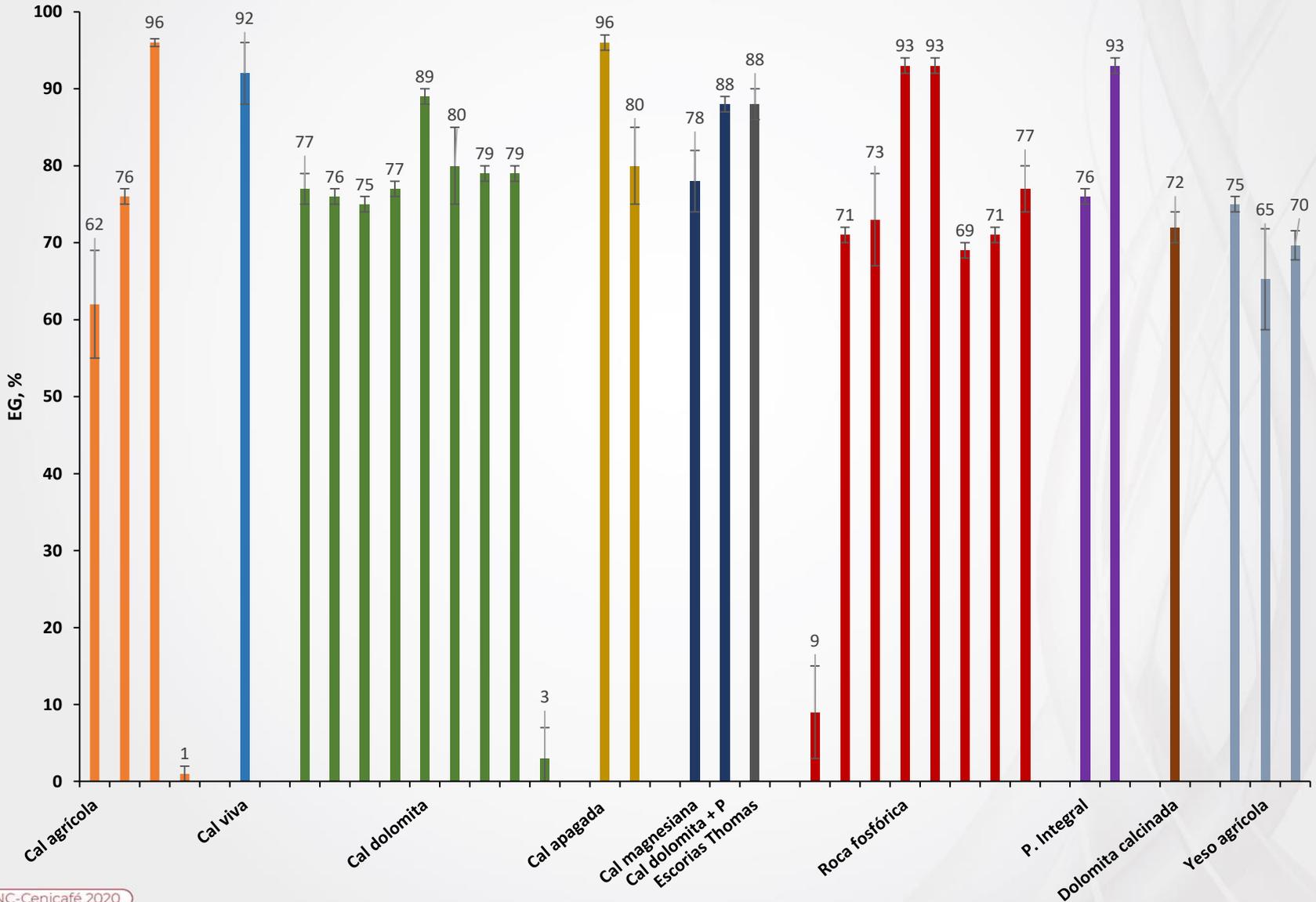
Productos evaluados

Producto	Composición química	Número
Cal agrícola	CaCO_3	4
Cal viva	CaO	1
Cal dolomita	$\text{CaCO}_3 \cdot \text{MgCO}_3$	9
Cal apagada	$\text{Ca}(\text{OH})_2$	2
Cal magnesiana	$\text{CaCO}_3 + \text{Mg}_3\text{Si}_4\text{O}_{10}(\text{OH})_2$	1
Cal dolomita + P	$\text{CaCO}_3 \cdot \text{MgCO}_3 + \text{P}$	1
Escorias Thomas	$\text{P}_2\text{O}_5 + \text{CaO} + \text{MgO}$	1
Rocas fosfóricas	$\text{Ca}_5(\text{PO}_4)_3(\text{F}, \text{Cl}, \text{OH})$	7
Termofosfato-fuente fosfórica integral	$\text{P} + \text{Ca} + \text{Si} + \text{Mg} + \text{B} + \text{Cu} + \text{Mg} + \text{Si} + \text{Zn}$	1
Producto integral	$\text{P} + \text{Ca} + \text{Mg} + \text{S} + \text{Si}$	2
Cal dolomita calcinada	$\text{CaCO}_3 \cdot \text{MgCO}_3 + \text{CaMgO}_2$	1
Yeso agrícola	$\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$	3
	Total	33

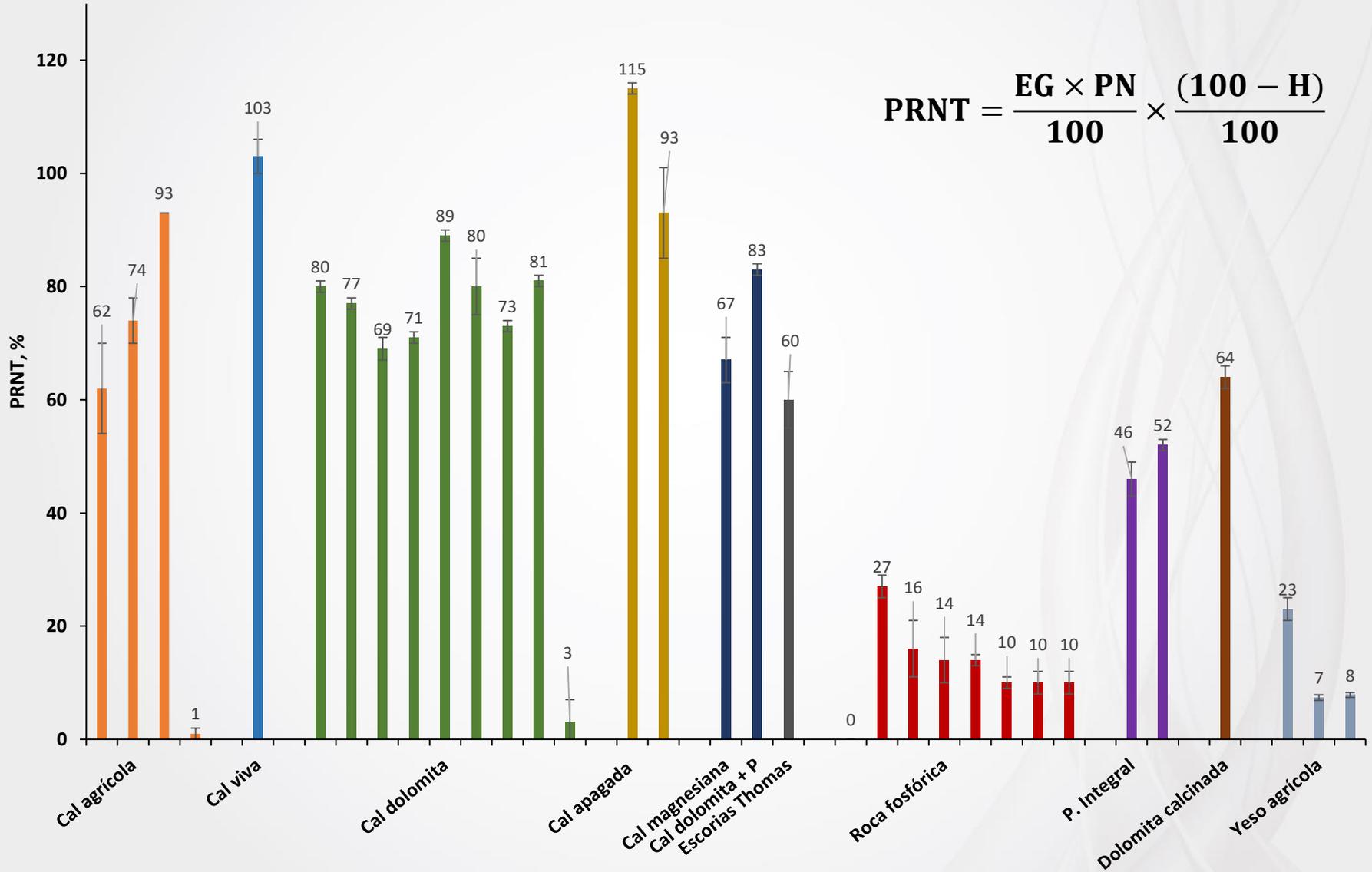
Poder de neutralización-PN



Eficiencia granulométrica-EG



Poder relativo de neutralización total-PRNT



$$PRNT = \frac{EG \times PN}{100} \times \frac{(100 - H)}{100}$$

Contenidos de Ca, Mg y P

No.	Producto	CaO, %	MgO, %	P total, P ₂ O ₅ %	P soluble, P ₂ O ₅ %
1	Cal agrícola	56,6±0,7	3,0±0,6		
2	Cal agrícola	56,2±1,0	2,0±0,1		
3	Cal agrícola	52,9±5,0	2,1±0,3		
4	Cal agrícola	55,4±1,24	1,6±0,1		
5	Cal viva	41,3±7,6	0,3±0,1		
6	Cal dolomita	34,7±4,4	16,3±0,8		
7	Cal dolomita	34,9±0,8	14,0±0,7		
8	Cal dolomita	21,7±9,7	11,7±5,3		
9	Cal dolomita	36,4±1,6	5,3±0,3		
10	Cal dolomita	34,5±0,4	16,4±0,5		
11	Cal dolomita	59±7,0	2,3±0,0		
12	Cal dolomita	34,9±1,4	9,9±0,6		
13	Cal dolomita	35,7±0,0	15,4±1,7		
14	Cal dolomita	35,5±1,18	15,3±1,1		
15	Cal apagada	62,8±2,8	4,0±0,4		
16	Cal apagada	62,9±0,7	0,3±0,0		
17	Cal magnesiana	34,7±0,6	17,1±0,7		
18	Cal dolomita + P	18,9±0,8	10,8±1,6	2,5±0,8	0,0±0,0
19	Escorias Thomas	35,8±1,2	2,8±0,6	11,8±1,6	9,0±0,7
20	Roca fosfórica acidulada y granulada	30,5±13,3	0,6±0,3	18,5±2,8	9,9±0,3
21	Fuente fosfórica integral	22,2±0,3	10,4±0,3	16,7±2,9	7,0±0,6
22	Roca fosfórica	5,2±0,2	5,2±1,2	21,5±7,8	6,5±1,0
23	Roca fosfórica	34,2±1,6	0,2±0,0	21,1±8,6	6,6±0,3
24	Roca fosfórica	36,3±0,8	0,2±0,0	29,1±5,8	6,0±0,4
25	Roca fosfórica	35,6±0,6	0,3±0,3	27,3±5	5,3±0,2
26	Roca fosfórica	33,9±1,7	0,2±0,0	20,5±2,7	8,0±0,7
27	Roca fosfórica	25,9±3,5	0,1±0,1	19,5±1,1	6,6±1,5
28	Producto integral	20,5±0,4	11,9±1,7	4,2±0,3	0,1±0,0
29	Producto integral	18,9±0,7	17,9±4,7	2,3±0,2	0,1±0,0
30	Dolomita calcinada	51,4±0,5	22,6±2,6	4,5±1,2	0,4±0,0
31	Yeso agrícola	24,1±0,2	4,4±0,6		
32	Yeso agrícola	23,6±5,3	2,7±1,0		
33	Yeso agrícola	19,3±4,4	2,5±1,1		

*Límites de confianza al 95%.

Contenidos de Ca, Mg y P

No.	Producto	CaO, %	MgO, %	P total, P ₂ O ₅ %	P soluble, P ₂ O ₅ %
1	Cal agrícola	56,6±*0,7	3,0±0,6		
2	Cal agrícola	56,2±1,0	2,0±0,1		
3	Cal agrícola	52,9±5,0	2,1±0,3		
4	Cal agrícola	55,4±1,24	1,6±0,1		
5	Cal viva	41,3±7,6	0,3±0,1		
6	Cal dolomita	34,7±4,4	16,3±0,8		
7	Cal dolomita	34,9±0,8	14,0±0,7		
8	Cal dolomita	21,7±9,7	11,7±5,3		
9	Cal dolomita	36,4±1,6	5,3±0,3		
10	Cal dolomita	34,5±0,4	16,4±0,5		
11	Cal dolomita	59±7,0	2,3±0,0		
12	Cal dolomita	34,9±1,4	9,9±0,6		
13	Cal dolomita	35,7±0,0	15,4±1,7		
14	Cal dolomita	35,5±1,18	15,3±1,1		
15	Cal apagada	62,8±2,8	4,0±0,4		
16	Cal apagada	62,9±0,7	0,3±0,0		
17	Cal magnesiana	34,7±0,6	17,1±0,7		

Contenidos de Ca, Mg y P

No.	Producto	CaO, %	MgO, %	P total, P ₂ O ₅ %	P soluble, P ₂ O ₅ %
18	Cal dolomita + P	18,9±0,8	10,8±1,6	2,5±0,8	0,0±0,0
19	Escorias Thomas	35,8±1,2	2,8±0,6	11,8±1,6	9,0±0,7
20	Roca fosfórica acidulada y granulada	30,5±13,3	0,6±0,3	18,5±2,8	9,9±0,3
21	Fuente fosfórica integral	22,2±0,3	10,4±0,3	16,7±2,9	7,0±0,6
22	Roca fosfórica	5,2±0,2	5,2±1,2	21,5±7,8	6,5±1,0
23	Roca fosfórica	34,2±1,6	0,2±0,0	21,1±8,6	6,6±0,3
24	Roca fosfórica	36,3±0,8	0,2±0,0	29,1±5,8	6,0±0,4
25	Roca fosfórica	35,6±0,6	0,3±0,3	27,3±5	5,3±0,2
26	Roca fosfórica	33,9±1,7	0,2±0,0	20,5±2,7	8,0±0,7
27	Roca fosfórica	25,9±3,5	0,1±0,1	19,5±1,1	6,6±1,5
28	Producto integral	20,5±0,4	11,9±1,7	4,2±0,3	0,1±0,0
29	Producto integral	18,9±0,7	17,9±4,7	2,3±0,2	0,1±0,0
30	Dolomita calcinada	51,4±0,5	22,6±2,6	4,5±1,2	0,4±0,0
31	Yeso agrícola	24,1±0,2	4,4±0,6		
32	Yeso agrícola	23,6±5,3	2,7±1,0		
33	Yeso agrícola	19,3±4,4	2,5±1,1		

Resultados fase II



Imagen: Óscar Jaime Loaiza

Ensayo de incubación



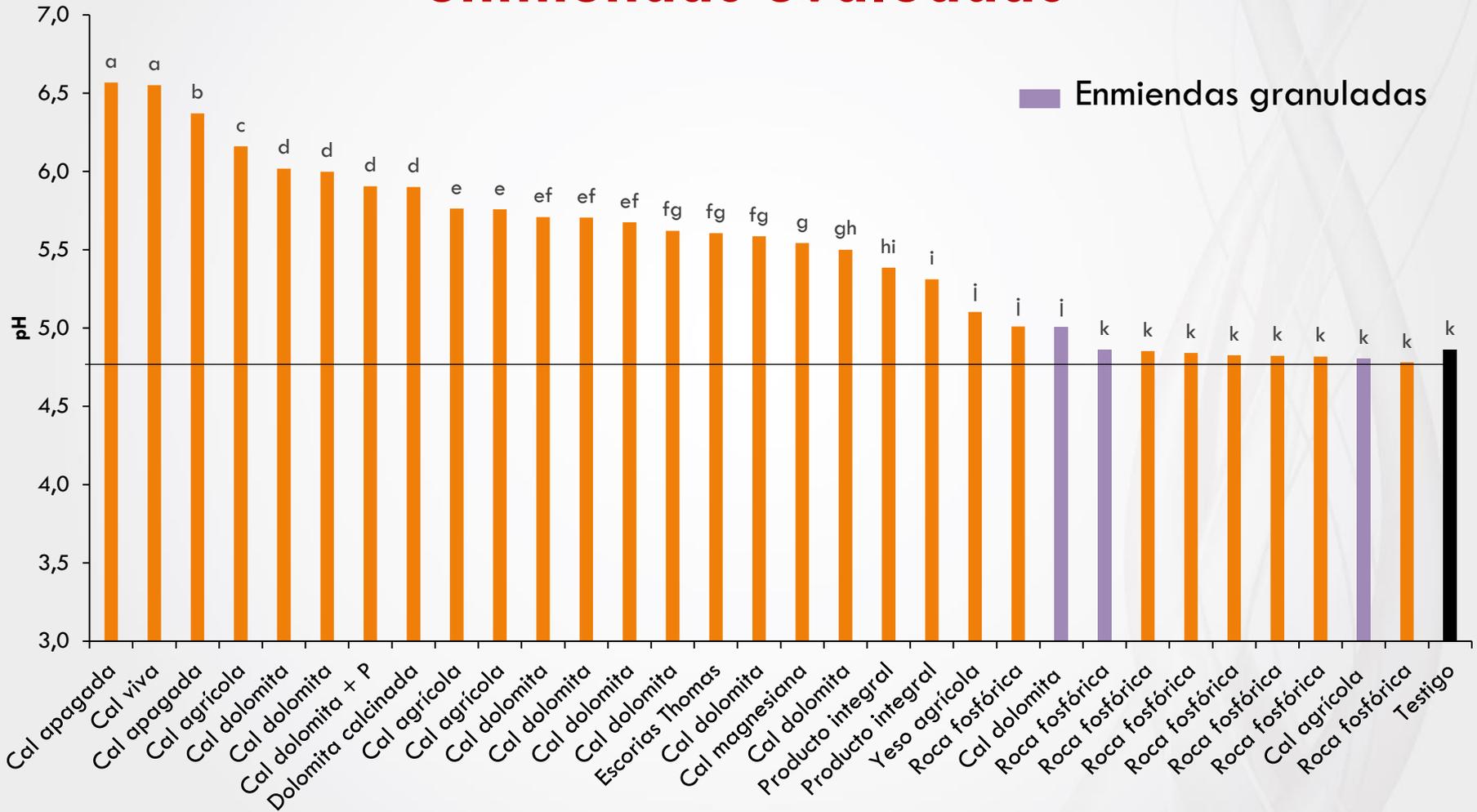
Suelo con problemas de acidez

Enmienda: dosis de 5 g/dm³



pH, Al³⁺, Ca, Mg y
K intercambiables

Aumento de pH de acuerdo con las enmiendas evaluadas



Letras diferentes indican diferencias según la prueba de Tukey al 5%.

Enmiendas granuladas sin reaccionar



Silicio-Si

Silicio no es un elemento esencial, sin embargo, su respuesta en algunos cultivos ha llevado a que se conozca como una “sustancia beneficiosa para las plantas”



Sustancia beneficiosa para las plantas

“cualquier sustancia o compuesto distinto de los nutrientes primarios y secundarios que a través de investigación científica, pueda demostrar que es beneficioso para una o más especies de plantas”

Calidad silicatos como correctivos de acidez

Producto	EG, %	PN, %	PRNT, %
Silicato de magnesio	68	51	35
Silicato de magnesio	75	52	39
Wollastonita (silicato de calcio)	80	78	62

Consideraciones finales

- No todas las enmiendas que se comercializan en la ZCC tienen la capacidad de neutralizar la acidez del suelo.
- Las cales son los productos por excelencia para la corrección de la acidez del suelo (agrícola, dolomita y apagada).
- Las rocas fosfóricas presentaron una baja capacidad correctiva de acidez (PN entre 3 y 22%). El contenido de fósforo disponible en Escorias Thomas y las rocas fosfóricas, no superó el 10%, de manera que se requiere suministrar cantidades altas de estos productos para satisfacer los requerimientos del elemento en el cultivo de café.
- Teniendo en cuenta las deficiencias de Mg en los suelos cafeteros del país, la cal dolomita resulta ser el producto apropiado para encalar, ya que además de corregir los problemas de acidez, tiene aporte de Ca y Mg, y su costo en comparación con otros productos es mucho menor.

cenicafe@cafedecolombia.com

Síguenos



www.cenicafe.org



agroclima.cenicafe.org



@cenicafe



cenicafé

