



SERIE DE NOTAS TÉCNICAS  
CENTRO DE INVESTIGACIONES  
AGRONÓMICAS  
UNIVERSIDAD DE COSTA RICA

## NOTA TÉCNICA #1 – 2014

# ACIDEZ DE SUELOS Y USO DE ENMIENDAS<sup>1</sup>

### 1. CAUSAS DE LA ACIDEZ DEL SUELO

El origen de la acidez del suelo depende de varios factores que involucran desde la génesis del suelo hasta el manejo del mismo (Cuadro 1). Una de las causas principales de la acidez del suelo en muchas regiones tropicales es debido a que los suelos son muy viejos. A través de millones de años estos suelos han sido sometidos a una intensa meteorización, ayudados por algunos de los factores formadores de suelos como el clima y el relieve. El ambiente húmedo y cálido característico de muchas regiones tropicales causa la lixiviación o lavado de nutrientes como calcio, magnesio y potasio de la capa superficial del suelo, los cuales son gradualmente remplazados por iones ácidos como aluminio, hierro, manganeso e hidrógeno. Este fenómeno se presenta aún en suelos de regiones áridas o semiáridas, en donde la formación de suelos muy viejos y meteorizados ocurrió como consecuencia del clima húmedo y el ambiente de lixiviación que hubo en algún momento de su historia.

La acidez del suelo también puede ser causada por los iones ácidos que se liberan de la descomposición de la materia orgánica. La descomposición de los residuos de plantas y animales depositados en el suelo forma compuestos ácidos. Los suelos pueden llegar también a ser ácidos por el manejo del hombre. El cultivo intensivo del suelo causa la remoción de grandes cantidades de nutrientes como calcio, magnesio y potasio, a través de la cosecha.

Los fertilizantes nitrogenados amoniacales pueden acidificar el suelo debido a que la conversión de amonio a nitrato por nitrificación libera hidrógenos (Cuadro 2). Este proceso también se cumple con el nitrógeno proveniente de estiércol de ganado y otros abonos orgánicos. Fertilizantes como el sulfato de amonio, urea y

---

<sup>1</sup> Ing. Eloy Molina, M. Sc., Centro de Investigaciones Agronómicas, Universidad de Costa Rica. Correo electrónico: [eloy.molina@ucr.ac.cr](mailto:eloy.molina@ucr.ac.cr)

nitrate de amonio, cuando son aplicados al suelo, se disocian liberando amonio ( $\text{NH}_4^+$ ). Esta forma de nitrógeno se convierte en nitrate ( $\text{NO}_3^-$ ) a través de la oxidación biológica o nitrificación produciendo un exceso de  $\text{H}^+$  que acidifica el suelo. La aplicación intensiva de fertilizantes también puede incrementar la lixiviación de Ca y Mg debido a que éstos nutrientes sólo se mueven cuando van acompañados de un anión como el  $\text{NO}_3^-$  o  $\text{SO}_4^-$ .

Otros factores que contribuyen a incrementar la acidez del suelo son la contaminación por lluvia ácida y los problemas de erosión del suelo. Quizás el primero no es tan importante en Costa Rica por no ser un país con gran cantidad de industrias. Pero la erosión del suelo si es un problema de gran magnitud en nuestro país que causa la pérdida de la capa arable que normalmente es la más rica en nutrientes y materia orgánica, lo cual contribuye a agravar los problemas de acidez en los suelos.

Cuadro 1. Origen de los problemas de acidez de suelo.

CAUSA	EFEECTO
Suelos viejos	Pérdida de nutrientes básicos por lixiviación y acumulación de iones ácidos
Materia orgánica	Liberación de hidrógeno por descomposición microbiana de M.O
Cultivo	Remoción de nutrientes en productos cosechados que disminuyen fertilidad de suelo
Fertilizantes nitrogenados amoniacales	Nitrificación de amonio a nitrate libera acidez residual
Contaminación	Lluvia ácida
Erosión	Pérdida de suelo y disminución de fertilidad

Cuadro 2. Acidez residual producida por fertilizantes nitrogenados (Tisdale et al. 1993).

Fuente	N (%)	Reacción de nitrificación	Índice de Acidez
Urea	46	$(\text{NH}_2)_2\text{CO} + 4\text{O}_2 \longrightarrow 2\text{H}^+ + 2\text{NO}_3^- + \text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O}$	- 84
Nitrate de amonio	33.5	$\text{NH}_4\text{NO}_3 + 2\text{O}_2 \longrightarrow 2\text{H}^+ + 2\text{NO}_3^- + \text{H}_2\text{O}$	- 63
Sulfate de amonio	21	$(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4 + 4\text{O}_2 \longrightarrow 4\text{H}^+ + 2\text{NO}_3^- + \text{SO}_4^{-2} + 2\text{H}_2\text{O}$	- 112
Fosfato monoamónico	12	$\text{NH}_4\text{H}_2\text{PO}_4 + \text{O}_2 \longrightarrow 2\text{H}^+ + \text{NO}_3^- + \text{H}_2\text{PO}_4^- + \text{H}_2\text{O}$	- 65
Fosfato diamónico	18	$(\text{NH}_4)_2\text{HPO}_4 + \text{O}_2 \longrightarrow 3\text{H}^+ + 2\text{NO}_3^- + \text{H}_2\text{PO}_4^- + \text{H}_2\text{O}$	- 74

Índice de Acidez Fisiológica= (-) kg  $\text{CaCO}_3$ /100 kg fertilizante.

## **2. MANEJO DE LA ACIDEZ DEL SUELO**

No existe una estrategia única del control de la acidez del suelo debido a las características particulares de cada grupo de suelos. Dado que existen muchos factores que están involucrados, la corrección de la acidez del suelo debe plantearse como una solución integral en el que están incluidos el uso de enmiendas, las propiedades físicas y químicas del suelo, el manejo de la nutrición, la materia orgánica, el cultivo, etc. A continuación se discuten algunos de los factores de manejo más importantes para el control de la acidez.

### **2.1 Encalado**

El encalado es el método más común y efectivo para corregir la acidez del suelo, y consiste en la aplicación masiva de sales básicas con el objeto de neutralizar la acidez causada por hidrógeno y aluminio (Molina 1998). La cal aplicada al suelo causa una serie de reacciones químicas que elevan el pH y disminuyen la acidez, reduciendo las concentraciones de aluminio e hidrógeno a niveles no tóxicos para las plantas. La reducción de la acidez y la toxicidad de aluminio mejora el crecimiento de las raíces de las plantas permitiéndoles profundizar más en el perfil del suelo y explorar un mayor volumen de suelo en busca de agua y nutrientes. Se ha comprobado que un buen crecimiento del sistema radical está directamente relacionado con un mayor desarrollo de biomasa aérea, un aumento en la producción, y un mejoramiento en la sanidad de la planta.

El uso del encalado para la corrección de la acidez del suelo debe considerar varios factores como: fuente de cal, calidad del material, dosis a aplicar y método de aplicación

### **2.2 Fuentes de enmiendas**

La roca caliza, calcárea o calcita está compuesta principalmente de carbonato de calcio ( $\text{CaCO}_3$ ), siendo el material más utilizado para la corrección de la acidez del suelo debido a que es un producto natural que se encuentra en casi todas partes. Se origina a partir de los restos de organismos marinos cuyas secreciones formaron carbonatos de calcio y/o magnesio, los cuales se depositaron como sedimentos endurecidos en antiguos mares, y que hoy se encuentran como yacimientos de roca caliza en montañas, planicies, valles y en áreas cercanas a las costas. Otros materiales como el óxido de calcio (cal viva) se obtiene a partir de la calcinación total de la roca caliza a alta temperatura, y el hidróxido de calcio (cal apagada) a partir del humedecimiento y posterior secado del mismo óxido.

La cal dolomítica contiene carbonatos de calcio y magnesio, lo que la hace más atractiva que la cal calcítica debido a que la mayoría de los suelos ácidos son deficientes en magnesio. Sin embargo, su uso en cultivos del país es limitado por su alto costo de transporte ya que debe ser importada de otros países. Otro

material importado es el óxido de magnesio, conocido también como Magox, y en su forma pura contiene 60% de Mg. Es una fuente excelente en suelos ácidos con problemas de Mg, siendo su capacidad de neutralización de la acidez mucho más elevada que la de otros materiales (Cuadro 3). Otros productos neutralizantes de la acidez del suelo incluyen la magnesita ( $MgCO_3$ ), escorias industriales (silicatos de Ca y Mg), arcillas calcáreas, etc. (Espinoza y Molina 1999).

Las mezclas de enmiendas son mezclas físicas de dos o más enmiendas que les confieren características especiales para la corrección de la acidez del suelo. Las mezclas más comunes son de dolomita y yeso en diferentes proporciones. También existen mezclas de carbonato de calcio con óxido o hidróxido de calcio y/o magnesio. Las mezclas de enmiendas se han llegado a popularizar en el mercado debido a que combinan la acción de dos o más enmiendas con diferentes características, haciendo que el efecto de la cal sea más rápido y eficiente.

Cuadro 3. Fuentes comunes de enmiendas.

MATERIAL	CARACTERÍSTICAS	Equivalente Químico %	Ton.ha <sup>-1</sup> equivalente a 1 ton.ha <sup>-1</sup> de CaCO <sub>3</sub> puro
Cal calcítica	La mayoría es CaCO <sub>3</sub> , fuente más común y accesible	75-100	1.3-1.0
Óxido de calcio	Cal viva (CaO), de rápida reacción neutralizante, para cultivos de ciclo corto, poco efecto residual, más caro que carbonatos, difícil de manipular (cáustico)	120-175	0.8-0.6
Hidróxido de calcio	Cal apagada (Ca(OH) <sub>2</sub> ), de rápida acción, cultivos de ciclo corto, poco efecto residual, más caro	110-135	0.9-0.7
Dolomita	Carbonato de calcio y magnesio, contiene 30-50% MgCO <sub>3</sub> , fuente de Mg, más caro que carbonatos	95->100	1.1-0.9
Magnesita	Carbonato de magnesio (MgCO <sub>3</sub> ), contiene casi exclusivamente Mg, efecto neutralizante ligeramente superior al CaCO <sub>3</sub> , importado de Guatemala	100-120	1.0-0.8
Óxido de magnesio	MgO, alto poder neutralizante, rápida acción, contiene casi exclusivamente Mg, excelente fuente de Mg	175-240	0.6-0.4

## 2.3 Calidad

Cuando se selecciona un material de encalado hay dos factores importantes de considerar que determinan su grado de reactividad: pureza química y fineza. La reactividad se refiere a la capacidad del material para neutralizar la acidez del suelo y varía de acuerdo con la composición química y el tamaño de partículas del producto. La composición química del material de encalado indica la cantidad de acidez que puede neutralizar, para lo cual se utiliza el carbonato de calcio como estándar, con un valor de neutralización de 100%. Este valor se conoce como Equivalente Químico de carbonato de calcio ( $EQ_{CaCO_3}$ ), y el poder de neutralización de acidez de todos los materiales se expresa como  $EQ_{CaCO_3}$ . Los óxidos e hidróxidos de Ca y Mg son más concentrados en estos elementos que los carbonatos, por lo que sus EQ son más altos (Cuadro 3).

El grado de fineza o tamaño de partículas indica la velocidad con la cual el material de encalado puede neutralizar la acidez del suelo. La fineza del material se mide pasando la cal a través de una secuencia de cribas o zarandas de diferente diámetro (10-60 mesh). La cal retenida en malla 10 es muy gruesa y no tienen efecto en neutralizar la acidez, en tanto que la cal que pasa la malla de 60 mesh es muy fina y tiene una Eficiencia Granulométrica (EG) de 100% en neutralizar la acidez del suelo (Molina, 1998). Con el resultado de la composición química (EQ) y la fineza del material (EG), es posible calcular el Poder Relativo de Neutralización Total (PRNT), mediante la fórmula:

$$\%PRNT = \frac{\%EG \times \%EQ}{100}$$

El PRNT indica el % de Equivalente Químico de la cal que es capaz de reaccionar en un lapso de 3 meses. Al conocer este índice es posible ajustar la dosis de cal a emplear de acuerdo con su grado de calidad, entre más alto el valor del PRNT, mayor es su efecto neutralizante de la acidez del suelo (Espinoza y Molina 1999).

## 2.4 Método y época de aplicación

La forma más efectiva de aplicación de cal es la incorporación del material en los primeros 15-20 cm de suelo para asegurar un contacto máximo del producto con el suelo en la capa arable. La mayoría de los materiales de encalado son poco solubles en agua, por lo tanto, la completa incorporación en el suelo es muy importante para que la cal reaccione completamente. La incorporación con arado o rastra permite la mezcla del material con la capa del suelo donde se concentran las raíces de la mayoría de los cultivos. Se ha demostrado que las aplicaciones de cal incorporadas son más eficientes, especialmente si el suelo es arcilloso. La distribución es otro aspecto muy importante. Si la cal es incorporada con arado, ésta debe distribuirse en forma uniforme en todo el terreno. En cultivos ya establecidos, como pastos y perennes, la cal debe aplicarse en la superficie. La

cal aplicada en la superficie reacciona más lentamente y en forma incompleta en comparación con la cal incorporada completamente en el suelo, por lo tanto estos suelos deben ser re-encalados con mayor frecuencia. En cultivos perennes con distancias de siembra amplias, la cal debe distribuirse en el área de gotera o rodaja, que es donde se concentran las raíces.

En cultivos perennes con distancias de siembra amplias, la cal debe distribuirse en el área de gotera o rodaja, que es donde se concentran las raíces. En cultivos perennes también resulta muy práctico incorporar un poco de cal en el hoyo de siembra antes de poner la planta, y otro poco en la rodaja. Normalmente, el suelo en la banda de fertilización tiende a ser más ácido debido al efecto residual de los fertilizantes nitrogenados, por lo que la aplicación de la cal en ese sitio es una medida eficaz.

En vista que la cal requiere de humedad para que reaccione, la época más apropiada para aplicarla es al inicio de las lluvias o un poco antes. En café es usual que la cal se agregue en marzo o en abril en el Valle Central. Sin embargo, no existen limitaciones en cuanto a la época de aplicación siempre que haya humedad en el suelo y que no coincida con un ciclo de fertilización al suelo. En siembras nuevas la cal debe ser incorporada antes de sembrar. Una vez aplicada la cal, se debe esperar un tiempo prudencial (1 mes) para que reaccione antes de añadir el fertilizante. El contacto directo de la cal con fertilizantes nitrogenados amoniacales en la superficie del suelo puede favorecer la formación de carbonato de amonio, el cual a su vez se transforma en amoníaco y se pierde el N por volatilización. También el contacto con fertilizantes fosfatados causa pérdidas del elemento por formación de fosfatos de calcio insolubles.

### **3. BIBLIOGRAFÍA**

- ALCARDE J.C. 1988. Contraditória, confusa e polemica : é a situacao do uso do gesso na agricultura. Informacoes Agronomicas. POTAFOS 41:1-3
- ALCARDE J.C. 1992. Corretivos da acidez dos solos: características e interpretacoes técnicas. ANDA, Sao Paulo, Brasil. Boletim Técnico N° 6. 26 p.
- BARBER S. 1984. Liming materials and practices. In Soil Acidity and Liming. Ed. por F. Adams, Wisconsin, ASA p. 171-209.
- BERTSCH F. 1986. Manual para interpretar la fertilidad de los suelos de Costa Rica. San José, Universidad de Costa Rica. 86 p.
- BERTSCH F. 1995. La fertilidad de los suelos y su manejo. San José, Costa Rica. ACCS. 163 p.

CARBALLO L.; MOLINA E. 1993. Caracterización física y química de materiales de encalado en Costa Rica. *Agronomía Costarricense* 17(2):105-110.

CHAVES M. 1991. Características y uso potencial del yeso en la agricultura costarricense. *Revista Colegio de Ingenieros Agrónomos. (Costa Rica)* N° 7:18-20.

ESPINOSA J.; MOLINA E. 1999. Acidez y encalado de los suelos. Quito, Ecuador, INPOFOS. 42 p.

INPOFOS. 1997. Manual Internacional de Fertilidad de Suelos. Quito, Ecuador, Instituto de la Potasa y Fosfato.

MOLINA E. 1998. Encalado para la corrección de la acidez del suelo. San José, Costa Rica, Asociación Costarricense de la Ciencia del Suelo. 45 p.

RAIJ B. VAN. 1991. Fertilidade do solo e adubacao. Sao Paulo, Piracicaba, Brasil. POTAFOS. 343 p.

TISDALE S.; NELSON W.; BEATON J.; HAVLIN, J. 1993. Soil fertility and Fertilizers. 5ed. Columbus USA, Mac Millan Publishing. 379 p.

YOST R. et al. 1991. Uso de sistemas de apoyo-decisión para hacer recomendaciones de cal y fósforo, p. 177-185. In: Manejo de suelos tropicales en Latinoamérica, de. por T.J. Smith et al. San José, Costa Rica, North Carolina State University.