

## CONTROLE LA ACIDEZ Y ALCALINIDAD Y AUMENTE LA FERTILIDAD DE SU SUELO

**Es mucho** lo que se ha escrito y hablado sobre la acidez y la alcalinidad de los suelos. La expresión “pH del suelo” es muy común. Este término es tan popular que es muy frecuente su uso entre agricultores, proveedores de fertilizantes, técnicos e investigadores. La importancia del pH del suelo ha sido tema de numerosas discusiones, pretendiéndose en todo momento que la acidez y la alcalinidad, expresadas como valores de pH, carecen de importancia, siempre y cuando el nivel de los elementos nutritivos y la estructura del suelo sean adecuados para el crecimiento del cultivo. En realidad, las pruebas químicas de laboratorio y de campo han demostrado, muchas veces, que **la reacción del suelo o pH del suelo afecta de modo significativo la disponibilidad y la asimilación de nutrientes y ejerce una fuerte influencia sobre la estructura del propio suelo.** Además, la acidez o la alcalinidad influyen directamente en la proliferación de muchos microorganismos del suelo. La actividad de estos microorganismos determina, muchas veces, la disponibilidad de nutrientes para las plantas por ejemplo: cuando el suelo es ácido (pH entre 4.5 y 5.5) la descomposición de la materia orgánica hacia la producción de amoníaco (amonificación) se acelera debido a la acción de bacterias amonificantes. Por otro lado, el proceso de nitrificación (la conversión de nitrógeno amoniacal a nitrógeno nítrico) es óptimo a pH entre 6.5 y 7.6. **Así vemos que muchas veces no importa la fuente de fertilizante nitrogenado que se use sino el nivel de acidez o alcalinidad**

**del suelo al cual se aplique el fertilizante nitrogenado.** La importancia práctica de esto radica en el hecho de que cuando el pH del suelo es menor a 5.5 se acumulan los compuestos amoniacales; esto es, el nitrógeno de las fuentes de fertilizantes nítricos como el nitrato de amonio es convertido en amoníaco ( $\text{NH}_3$ ). Cuando las condiciones de clima son las adecuadas para el crecimiento de un cultivo y el pH se encuentra entre 6 y 6.5 la amonificación y la nitrificación se producen casi a la misma velocidad dando como resultado un balance o equilibrio entre las fuentes nítrica ( $\text{NO}_3^-$ ) y amoniacal ( $\text{NH}_3$ ) de nitrógeno. Quizá parezca extraño que el pH óptimo para las bacterias nitrificantes y amonificantes no sea el mismo, dado que los organismos nitrificantes dependen para su subsistencia de los productos formados por las bacterias amonificantes. Sin embargo esta diferencia tan singular hace que se establezca un equilibrio favorable entre las formas de nitrógeno amoniacal y nítrico, lo cual impide que se agote rápidamente el nitrógeno del suelo. Equilibrios como el anterior se dan también en otros procesos biológicos como lo son la descomposición de la celulosa cuyo pH óptimo es entre 6.8 y 7.5 y la acción de las micorrizas (organismos que “ayudan” a las plantas en la absorción de fósforo y cinc del suelo).



## ORIGEN DE LA ACIDEZ DEL SUELO

**de la concentración de iones hidrógeno en una solución.** Es medida con un valor pH que es  $-\log [H^+]$  en donde  $[H^+]$  es la concentración de ion hidrógeno (estrictamente su actividad) en mol/l. En soluciones ácidas el pH es menor a 7, soluciones neutras tienen un pH de 7 y en soluciones alcalinas el pH es mayor a 7. Debe notarse que cuando se aplica a los suelos, en la práctica, al “neutral” se le da un significado ligeramente diferente, siendo el rango de pH cerca de 6.7 a 7.0

**¿ A que se debe la acidez o la alcalinidad de los suelos? .**

Esta pregunta es muy importante y debe estar presente siempre que se planea un programa de fertilización o encalado del suelo. Sabemos que la proporción de  $H^+$  u  $OH^-$  presentes en el suelo y en las soluciones acuosas de éste, determinan en gran medida los efectos de la acidez y/o la alcalinidad del suelo. Sin embargo, lo importante es saber a qué obedece la presencia o ausencia de estos iones.

**Pese a que mucha gente cree que el principal factor que influye en la acidez o alcalinidad de los suelos es el uso de los fertilizantes químicos, esto no es así. Las condiciones climatológicas determinan en gran medida la predominancia de la acidez o la alcalinidad del suelo.**

El clima tiene una influencia dominante en las propiedades del suelo. Las diferencias entre las características del suelo en las principales y mayores regiones climáticas del mundo fue lo que motivó a los investigadores a desarrollar sistemas de clasificación de suelo. La lluvia, el viento y la temperatura controlan la intensidad de lixiviación y el desgaste de minerales en

el suelo, lo cual tiene la mayor influencia en las propiedades químicas de los suelos, particularmente acidez, alcalinidad y salinidad.

La acidez esta asociada con suelos lixiviados, con altas precipitaciones, mientras que la alcalinidad ocurre principalmente en regiones mas secas. Dentro de una región dada, hasta qué punto se pueden hacer ácidos los suelos ?, depende de la absorción de acidez por la vegetación, la biomasa microbiana, de la atmósfera y de la habilidad de los minerales primarios a resistir los efectos de acidificación por lixiviación. El desarrollo de la alcalinidad también depende de los materiales parentales locales, vegetación e hidrología.

**Nuestro manejo del suelo altera el balance de estos factores y puede acelerar o frenar los procesos naturales de acidificación o alcalinización de los suelos**

Por esto, el encalado revierte el cause natural hacia la acidez del suelo mientras que las plantaciones de coníferas pueden incrementar el índice de acidificación. La irrigación del suelo en regiones áridas, si son manejadas cuidadosamente, reducen la tendencia a la alcalinidad, sin embargo; la historia muestra que esto no siempre sucede y con frecuencia el mal uso del agua (riego-drenaje) incrementa la alcalinidad. En una escala mas amplia, la contaminación ambiental incrementa la acidez del suelo. Además, los cambios reportados en el clima debidos al efecto de “invernadero” también tienen implicaciones en términos de acidificación.

En agua pura, la concentración de iones  $H^+$  es  $10^{-7}$  mol/l y el pH es 7. Cuando se encuentra en contacto con la concentración atmosférica de bióxido de carbono ( $CO_2$ ) se forma una solución carbónica ácida diluida con un pH de

5.6. Por lo tanto, el agua destilada o deionizada en el laboratorio tiene un pH aproximado de 5.6. Para que el pH difiera de este valor, debe estar presente otro ácido o base. De aquí que la lluvia ácida contiene ácidos nítricos y sulfúricos disueltos de la atmósfera (o amoníaco y óxidos de N y de S que pueden formar estos ácidos). Su pH es abajo de 5.6; el pH de la lluvia en regiones industrializadas de América y Europa llega a 4.4 (DOE, 1990). Aun en aire sin contaminar, la lluvia recoge pequeñas cantidades de ácido natural y tienen un pH de aproximadamente 5.

El amoníaco y los óxidos de N y de S también son depositados en seco sobre la vegetación y el suelo y son lavados dentro del suelo por la lluvia en donde producen acidez. **Por eso la atmósfera es la fuente externa de acidez mas grande que existe.**

## EL DESARROLLO DE ACIDEZ EN EL SUELO ES SIGNIFICATIVO

Los suelos también tienen fuentes internas de acidez:

- La respiración de la raíz y la actividad microbiana producen  $\text{CO}_2$  que es disuelto para producir ácido carbónico en la solución del suelo. Este ácido débil es significativamente disociado únicamente por arriba de pH 5, y en suelos neutrales y alcalinos se convierte en una fuente importante de  $\text{H}^+$
- Los ácidos orgánicos son liberados por la vegetación, materia orgánica en descomposición y las raíces de las plantas.
- Las raíces liberan  $\text{H}^+$  u  $\text{OH}^-$  para mantener la neutralidad eléctrica en sus superficies durante la absorción de los iones de los nutrientes. Por lo tanto pueden ser una fuente ácida o básica.
- Los minerales del suelo son normalmente ácidos, liberando  $\text{H}^+$

durante su desgaste por el agua del suelo.

### No todas las reacciones dentro del suelo producen acidez:

- Muchos minerales que forman el suelo agrícola son básicos, reaccionando con agua para dar un pH cercano o superior a 7.
- Las reacciones de intercambio sobre las arcillas y la materia orgánica eliminan el  $\text{H}^+$  de la solución a cambio de cationes básicos como el calcio ( $\text{Ca}^{2+}$ ), magnesio ( $\text{Mg}^{2+}$ ) y potasio ( $\text{K}^+$ ).
- La lixiviación o lavados por la lluvia o riego elimina el  $\text{H}^+$  del suelo.

### El buen o mal manejo de los suelos altera el balance entre las fuentes de acidez y/o alcalinidad, siendo los principales efectos los siguientes:

- El desmonte de la vegetación natural ocasiona la descomposición acelerada de la materia orgánica, lixiviación de nitrato y producción de acidez.
- La nitrificación de fertilizantes con amoníaco produce  $\text{H}^+$ , su mal manejo puede acelerar la acidez del suelo.
- La cal es un mineral básico que reacciona con la acidez, y la neutraliza
- *La capacidad "buffer"*, *amortiguante o tampón* del suelo es medida como la capacidad de un suelo a resistir cambios en su pH (acidez o alcalinidad) en términos prácticos representa la cantidad de ácido (o de base) requerida para bajar (o elevar) el pH; i.e.- una unidad/kg de suelo .

El amortiguamiento de iones de nutrientes en la solución del suelo es medida como el *poder buffer* o *de amortiguamiento* y esta relacionado con el mineral que conforma el suelo, la textura de él y la cantidad y tipo de materia orgánica.

## LOS EFECTOS DE LA ACIDIFICACION SON MUCHOS

Aun cuando los efectos son con frecuencia medidos como un cambio del pH del suelo, las implicaciones son primeramente en relación con un incremento del aluminio intercambiable en la solución del suelo que conducen a toxicidades en plantas sensibles, y una disminución en la solución de calcio y magnesio intercambiable llegando a deficiencias, con un índice alto de  $Al^{3+}/Ca^{2+} + Mg^{2+}$  a menudo controlando los efectos negativos de disponibilidad de nutrientes. Normalmente la toxicidad por aluminio es el principal factor, con efectos directos en el metabolismo de las plantas, incluyendo una interferencia con la transferencia de iones y agua a través de las membranas celulares de la raíz. Las raíces se acortan y engrosan, afectando posteriormente la habilidad de la planta en la absorción de agua y de nutrientes, particularmente fosfato. La acidez es un factor limitante de rendimiento en los trópicos húmedos. También es un factor primario gobernando la distribución natural de las plantas debido a su sensibilidad variante (Nuffield Advanced Biology II, Ch. 26.5).

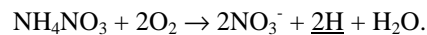
Las implicaciones de la acidez del suelo en relación a la declinación de los árboles en los bosques aun son inciertos, aunque la absorción incrementada de aluminio y la disminución en la absorción de magnesio pueden ser factores contribuyentes (Roberts et al., 1989). La composición de aguas de drenaje que abandonan los suelos tienen influencia en los arroyos y en los lagos (Howells y Dalziel, 1992).

Nuevamente, concentraciones altas de iones  $Al^{3+}$  e índices altos de  $Al^{3+}/Ca^{2+} +$

$Mg^{2+}$  parecen ser el problema principal en relación con la sobrevivencia de los peces en ríos y lagos. El aluminio en solución eventualmente alcanza los suministros de agua potable.

## LA AGRICULTURA CONTRIBUYE AL INCREMENTO DE LA ACIDEZ O ALCALINIDAD EN EL SUELO

La agricultura también contribuye al incremento en la acidez o la alcalinidad. Probablemente de más significado es el mal uso de fertilizantes con N, particularmente aquellos conteniendo iones amonio. La nitrificación de  $NH_4^+$  a  $NO_3^-$  ocurre en pocas semanas en los suelos agrícolas, por ejemplo, el nitrato de amonio en presencia de oxígeno y de las bacterias nitrificantes es convertido a nitrato, hidrógeno y agua. Este proceso se puede expresar químicamente de la siguiente forma:



En ésta reacción, 1 kg de N (como  $NH_4^+$ ) libera 0.14 kg de  $H^+$ . La absorción incrementada de  $NO_3^-$  por el cultivo ocasiona una liberación de  $OH^-$  para mantener la neutralidad eléctrica en la superficie de la raíz, dependiendo sin embargo, en cuanto se ve incrementada la absorción de cationes.

Mediciones de campo en varias partes del mundo han mostrado que la producción neta de acidez por las diferentes formas de fertilizantes N en uso fue entre 1/2 y 2/3 del valor teórico, alrededor de 0.08 kg  $H^+$  / kg de  $NH_4^+ \cdot N$  aplicado (Gasse, 1973). Debido a que la absorción de  $NO_3^-$  contrarresta la producción ácida, el  $NO_3^-$  perdido debido a la lixiviación en lugar de  $NH_4^+$  aplicado primeramente determina la acidificación. Un simple modelo muestra que el nitrato de amonio

( $\text{NH}_4\text{NO}_3$ ) y la urea, producen 0.07kg de  $\text{H}^+$  por kg de  $\text{NO}_3^-$ -N lixiviado. Para el sulfato de amonio,  $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ , se aplica el mismo valor, **mas** 0.06 kg de  $\text{H}^+$  por Kg de  $\text{SO}_4^{2-}$ -S lixiviado (Reuss y Johnson, 1986). Aún cuando el KCl es considerado un fertilizante neutro, existen evidencias científicas que indican que se producen 0.03kg de  $\text{H}^+$ /Kg de Cl<sup>-</sup> lixiviado si todo el  $\text{K}^+$  es absorbido. Experimentos de campo y laboratorio en Inglaterra mostraron que tomando los valores promedio de fertilización para el trigo de invierno, 61 kg  $\text{NO}_3^-$ -N/Ha es lixiviado con una producción neta de 4.3 kg del ion  $\text{H}^+$

## LA ACIDEZ AFECTA LA DISPONIBILIDAD DE FOSFORO

La producción de cultivos en regiones de climas templados normalmente incluye el encalado como un primer paso en el manejo del suelo. Sin embargo, en los trópicos el costo del encalado, y en las áreas más húmedas, la rápida reacidificación de los suelos encalados, dan como resultado cultivos que crecen en suelos con bajos valores de pH. Estos con frecuencia tienen muy pocas cantidades de P extraíble, y las aplicaciones de fertilizante-P son necesarias. Sin embargo, la acidez tiene efectos nocivos sobre el crecimiento, la función de la raíz y la combinación del crecimiento pobre de la raíz y de la baja movilidad del P pueden ocasionar deficiencias aun cuando el P extraíble se encuentre presente en cantidades adecuadas. En suma, el pobre crecimiento de la raíz particularmente en suelos ácidos puede conducir a una escasez de agua disponible agregando un factor mas que impide el crecimiento normal de las plantas.

Estos efectos se pueden observar en la **Tabla 1** que muestra la respuesta del

maíz a las aplicaciones de cal como de P en un suelo ácido. Sin la aplicación de P, el rendimiento se incrementó de 1 a 3.1 toneladas/ ha por la cal. Sin la aplicación de cal, el rendimiento se vio incrementado 2.8 ton/ha por el fertilizante. Cuando se aplicaron los dos juntos, se registró un rendimiento máximo de 3.6 ton/ha. Por lo tanto el suelo tenía casi el suficiente P para el cultivo tomando en cuenta el efecto negativo debido a la acidez. Recuerde, en suelos ácidos (pH bajo), el P reacciona con el hierro (Fe), manganeso y el aluminio para formar productos insolubles que hacen al fósforo (P) menos disponible para las plantas.

**Tabla 1.- Respuesta del pH del Suelo y Rendimiento de Maíz a la aplicación de cal y a la aplicación de Fósforo (P)**

Aplicación de cal (ton) ( $\text{CaCO}_3$ /ha)	Suelo pH	Aplicación de P (kg/ha)				
		0	11	22	33	44
		(ton. grano/ha)				
0	4.5	1.05	2.63	2.92	2.90	2.83
1	5.0	1.38	2.79	3.10	3.13	3.44
2	5.7	2.23	2.70	2.99	3.20	3.61
4	6.0	3.08	3.10	3.42	3.06	3.33

De Lathwell (1979)

## ES MUY IMPORTANTE LA PRACTICA DEL ENCALADO

La cal es generalmente aplicada como  $\text{CaCO}_3$ . Normalmente la meta es elevar el pH a un valor determinado, pero muchas veces en los trópicos húmedos, la meta es el reducir el porcentaje de saturación de aluminio a un valor satisfactorio dependiendo de la tolerancia al aluminio de cada cultivo (Sánchez, 1976).

**Tabla 2.- Tolerancia de algunos cultivos tropicales a la acidez expresada como un rango de porcentajes de saturación de aluminio sobre los que el crecimiento puede**

verse adversamente afectado (Caudle, 1991).

Cultivo	Tolerancia % sat. Al	Cultivo	Tolerancia % sat. Al
Maíz	0-40	Yuca	70-100
Soya	0-70	Caupí	40-100
Sorgo	0-70	Frijol	0-70
Mijo	40-100	Garbanzo	0-40
Cacahuete	40-70	Trigo	0-70
Arroz	40-100	Algodón	0-40

Se busca que el valor de pH se encuentre entre 6.5 y 7.0 para cultivos de regiones templadas pero menor en trópicos húmedos (6.0 a 6.5). Este rango está relacionado con la sensibilidad del cultivo al % de saturación de aluminio (Tabla 2), a la acidez, pH (tabla 4) y al contenido de materia orgánica del suelo (relacionado con el poder amortiguante del suelo), el costo del encalado y el índice con el cual los suelos se hacen ácidos. Por esto, en los trópicos húmedos, los cultivos y variedades deben ser más tolerantes a la acidez. La acidificación en los trópicos húmedos es más rápida debido a la lixiviación excesiva y por ende los costos de encalado son altos.

Experiencia y datos de experimentos de campo son necesarios para el desarrollo de un sistema satisfactorio para la determinación del encalado requerido en cada región.

El no encalar los suelos con tendencia ácida puede provocar que la aplicación de fertilizantes de reacción ácida reduzca el pH del suelo a través de los años. La tabla 3 presenta resultados de estudios en suelos cañeros de Hawai y los cambios en pH después de haber sido tratados con diferentes fuentes de fertilizantes, con y sin encalado.

**Tabla 3.- Cambios en el pH del suelo con el uso continuo de fertilizantes a través del tiempo**

Tratamiento	Años				
	1	2	4	11	15
	pH del suelo				
A. Fert. residuo ácido	6.1	5.7	5.8	4.5	4.4
B. Fert. residuo básico	6.1	6.5	6.9	6.5	6.6
C. Igual que A, con adición de CaCO <sub>3</sub>	6.1	6.1	6.0	6.3	6.4

Adaptado de De Roger P. Humbert (1980)

**Tratamientos:**

- A. Fosfato de amonio, sulfato de amonio, muriato de potasio.
- B. Superfosfato, nitrato de sodio, muriato de potasio.
- C. Lo mismo que A, pero con suficiente CaCO<sub>3</sub> para neutralizar la acidez.

**NO DUDE, ENCALE LOS SUELOS ACIDOS**

La acidez del suelo afecta el crecimiento de las plantas en diferentes formas. Cada vez que el pH disminuye (acidez cada vez mas alta), uno o más efectos detrimentales pueden reducir el crecimiento del cultivo, por ejemplo:

- 1. La concentración de elementos tales como Al y manganeso (Mn) puede alcanzar niveles tóxicos debido a que su solubilidad aumenta en los suelos ácidos.**
- 2. Los organismos responsables de la descomposición de la materia orgánica y de transformar al N, P y S pueden estar presentes en menor número con subsiguiente menor actividad.**
- 3. Puede haber carencia de calcio (rara vez) cuando la capacidad de intercambio cationico (CIC) del suelo es extremadamente baja. También puede haber carencia de Mg.**

4. La fijación simbiótica del N por parte de las leguminosas se reduce en forma importante. La relación simbiótica requiere una gama de pH más reducida para el crecimiento óptimo que las plantas que no necesitan fijación de nitrógeno. Las bacterias simbióticas en la soya funcionan mejor en una gama de pH entre 6.0 y 6.2; para la alfalfa entre 6.8 y 7.0.

5. Los suelos arcillosos de acidez elevada son menos agregados. Esto hace que la permeabilidad y aireación sean menores, lo cual es un defecto indirecto ya que los suelos con cal producen mayor cantidad de residuos vegetales. Los residuos producen mejores estructuras.

6. Se reduce la disponibilidad de nutrientes tales como el P y el molibdeno (Mo).

El encalado de los suelos ácidos corrige las condiciones mencionadas. También disminuye la tendencia de lixiviado del K. La cal dolomítica suministra tanto Ca como Mg; ambos elementos esenciales para el crecimiento de las plantas.

**LOS NIVELES DESEABLES DE pH VARIAN**

Antes de encalar, hay que recordar que existen muchos cultivos que crecen mejor cuando el pH del suelo es diferente a lo normal (6.0 - 7.0). La acidez no retarda el crecimiento de todos los cultivos. Algunos cultivos para crecer bien necesitan de suelos ácidos.

**Tabla 4.- Gamas deseables de pH para algunos cultivos**

pH 5.0 - 6.0	pH 6.0 - 6.5	pH 6.5 - 7.0
Arándanos	Pasto bermuda	Alfalfa
Papas	Maíz	Algunas variedades de trébol.
Camotes (batatas)	Algodón	
Sandías	Sorgo granífero	
	Cacahuates(mani)	
	Soya	
	Trigo	

**Fuente: Manual de Fertilidad de los Suelos PPI.**

Las propiedades del suelo difieren según la zona. El pH óptimo para una región puede no ser el mejor para otras regiones. Por ejemplo, es común pensar que el mejor pH para producción de cultivos en una zona tropical es mas bajo que el requerido en una zona templada u otras áreas. Esta diferencia está relacionada con el tipo de arcillas.

Se encuentran diferencias entre regiones para cultivos tales como maíz, soya y alfalfa pero no para cultivos tales como papa. Cultivos como la papa y la soya pueden verse afectados por enfermedades y/o deficiencias de micronutrientes si el pH del suelo es menor o mayor que los requerimientos individuales, sin importar la zona geográfica. Un conocimiento práctico de los suelos, así como del cultivo, es esencial para determinar el pH y los requerimientos óptimos de cal.

**COMO ES QUE LA CAL REDUCE LA ACIDEZ DEL SUELO**

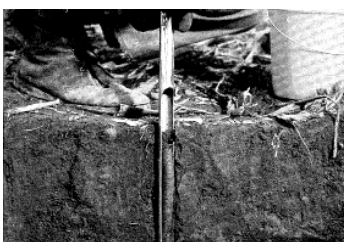
El proceso y las reacciones mediante los cuales la cal reduce la acidez del suelo son muy complejos. Pero una reseña simplificada ilustrará cómo funciona la cal.

Como se dijo anteriormente, el pH de un suelo es una expresión de la actividad del ion hidrógeno. La cal

reduce la acidez del suelo (aumenta el pH) convirtiendo algunos de estos iones hidrógeno en agua. La reacción funciona así:

Un  $\text{Ca}^{++}$  de la cal reemplaza **DOS iones  $\text{H}^+$**  en el complejo de intercambio catiónico. Los iones  $\text{H}^+$  se combinan con los iones hidróxilos para formar agua. En esta forma el pH aumenta debido a que la concentración de los iones  $\text{H}^+$ , que son la fuente de la acidez del suelo, disminuye.

El proceso opuesto al descrito también es posible que ocurra. Un suelo ácido puede volverse más ácido aun si no se sigue un programa de encalado. A medida que los iones básicos tales como el  $\text{Ca}^{++}$ ,  $\text{Mg}^{++}$  y  $\text{K}^+$  son removidos, por lo general absorbidos por el cultivo, pueden ser reemplazados por  $\text{H}^+$ . Estos iones básicos pueden también perderse por lixiviación, y ser reemplazados por  $\text{H}^+$ . La actividad del  $\text{H}^+$  seguirá aumentando constantemente, reduciendo el pH si el suelo no es encalado en forma adecuada.



resultados decepcionantes debido a que la cal no ha tenido tiempo para reaccionar con el suelo. Si al trébol le sigue un cultivo de trigo sembrado en el otoño (Noviembre-Diciembre), la cal debe ser aplicada cuando se siembra trigo. Independientemente del cultivo a sembrar, la cal debe ser aplicada con suficiente anticipación a la siembra, para permitir la reacción de la cal con el suelo. Además, **LA CAL NUNCA DEBE DE MEZCLARSE CON EL FERTILIZANTE.** La mezcla de calcio con fósforo puede producir compuestos insolubles de fósforo lo que ocasiona severas deficiencias de este elemento en el cultivo.

Las formas cáusticas de la cal (óxido de calcio e hidróxido de calcio) deben ser esparcidas mucho antes de la siembra para prevenir daño a las semillas en germinación.

Probablemente no sea muy sensato hacer generalizaciones respecto a la frecuencia de encalado, puesto que son muchos los factores involucrados. La mejor manera de determinar la

necesidad de repetir el encalado es mediante el análisis del suelo. Las muestras deberán ser extraídas por lo menos una vez cada tres años y más a menudo cuando se trata de suelos arenosos o bajo condiciones de riego. La frecuencia del encalado será determinada por los siguientes factores:

**Textura del suelo** -- Los suelos arenosos deben reencalarse más frecuentemente que los arcillosos.

**Niveles de fertilización nitrogenada** -- Altas dosis de N-amoniaco generan gran acidez.

## LA FRECUENCIA Y EPOCA DE LAS LAS APLICACIONES DE CAL SON MUY IMPORTANTES

**El muestreo de suelo rutinario es vital para conocer el ritmo de acidificación o alcalinización y así poder definir la frecuencia, tipo y cantidad de cal a aplicar.**

Por ejemplo:

En las rotaciones que incluyen leguminosas, la cal debe aplicarse de tres a seis meses antes de la siembra en climas templados, especialmente en suelos muy ácidos. Un encalado pocos días antes de la siembra de alfalfa o trébol, por ejemplo, a menudo produce

### Proporción de remoción por el cultivo

-- Las leguminosas absorben más  $\text{Ca}^{++}$  y  $\text{Mg}^{++}$  que las no leguminosas.

**Cantidad de cal aplicada** -- Con dosis altas por lo general no será necesario reencalar muy a menudo, pero hay que cuidar de no encalar en exceso.

**Gama de pH deseada** -- Mantener un pH alto significa por lo general que la cal deberá ser aplicada en forma más frecuente que en los casos donde un pH intermedio es suficiente. Muy a menudo no se alcanza el pH deseado debido a un encalado escaso, a una cal de mala calidad (partículas muy gruesas) o a una mezcla incompleta. Los análisis del suelo son útiles para controlar los cambios de pH producidos por la cal.

## LA CALIDAD DEL MATERIAL DE ENCALADO ES FUNDAMENTAL

Al seleccionar materiales para encalado, verifique su valor neutralizante, su grado de fineza y su reactividad. Cuando el nivel de Mg del suelo es bajo o deficiente, la elección de cal que contenga Mg deberá ser tomada en consideración.

Los valores de neutralización de todos los materiales para encalado se determinan comparándolos con el valor neutralizante del carbonato de calcio puro ( $\text{CaCO}_3$ ). Si hacemos el valor neutralizante del  $\text{CaCO}_3$  igual a 100, es posible asignar un valor a los otros materiales. Este valor se llama "el valor relativo de neutralización" o "equivalente de  $\text{CaCO}_3$ ". A continuación se muestran los valores de encalado comunes:

**Tabla 5.- Valores Relativos de Neutralización de Diferentes Materiales Usados en el Encalado de Suelos Ácidos.**

Material para encalado	Valor relativo de neutralización
Carbonato de calcio	100
Cal dolomítica	95-108
Cal calcítica	85-100
Conchas de ostras tostadas	90-110
Greda	50-90
Cal viva	150-175
Canchas de ostras calcinadas	80-90
Cal hidratada	120-135
Escorias básicas	50-70
Yeso	Ninguno

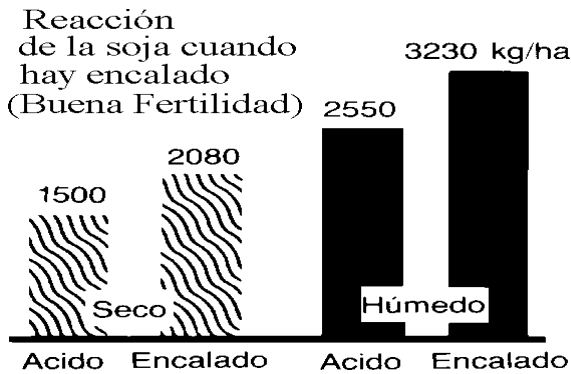
Cuando una cantidad específica de cal se mezcla con el suelo, su rapidez de reacción y grado de reactividad están determinados principalmente por el tamaño de las partículas. Las partículas de cal gruesas reaccionan más lentamente y no en forma completa. Las partículas de cal fina reaccionan más rápidamente y en forma más completa.

Las **gráficas 1 y 2** muestran que el rendimiento de soja y maíz pueden aumentar enormemente cuando se aplica cal a un suelo ácido hasta obtener un nivel de pH casi neutro (7,0). En el caso de la soja la cal produjo un aumento de 580 kg/ha en un periodo de sequía, y de 680 kg/ha en un periodo de humedad. En todos los casos, la soja y el maíz fueron bien fertilizados.

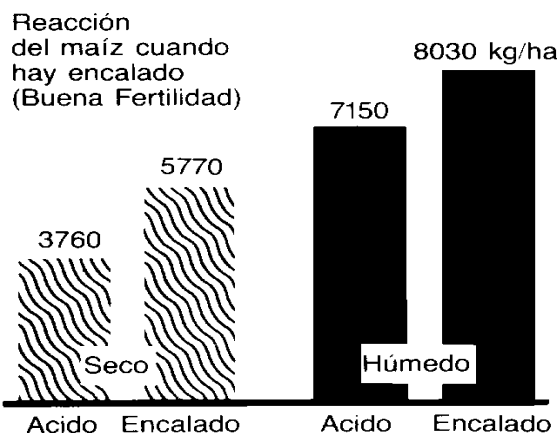
**La cal y los fertilizantes constituyen un equipo que asegura grandes cosechas y altas ganancias.**

Es posible que los agricultores lo hagan todo correctamente, pero es suficiente que omitan un paso básico -- y perderán en rendimientos y ganancias. Pueden omitir la aplicación de cal a un suelo ácido y bajará el rendimiento de su cultivo tanto en temporadas de sequía como de humedad, tal como ha quedado demostrado por las investigaciones de muchos años. La cal ayuda al productor

de maíz y de soya a obtener el máximo beneficio económico de los fertilizantes que usa.



**Figura 1.- Reacción de la Soja al Encalado Bajo Diferentes Regímenes de Humedad y Buena Fertilidad**



**Figura 2.- Reacción del Maíz al Encalado Bajo Diferentes Regímenes de Humedad y Buena Fertilidad.**

**Bibliografía**

Howells, G. and Dalziel, T.R.K. (1992) *Restoring Acid Waters: Loch Fleet 1984-1990*. Elsevier Applied Science, London.

Lathwell, D.J. (1979) *Crop Response to Limiting of Ultisols and Oxisols*. Cornell International Agriculture Bulletin 35. Cornell University, Ithaca.

Roberts, T.M., Skeffington, R.A. and Blank, L.W. (1989). Causes of Type 1 Sprude decline in Europe. *Forestry* 62, 179-222.

Sanchez, P.A. (1976) *Properties and Management of Soils in the Tropics*, Wiley, Chichester.

Rowell, D.L. (1994) *Soil Science Methods & Applications*. Department of Soil Science, University of Reading.

Humbert, R.P. (1980) *El Cultivo de la Caña de Azúcar*. México, Compañía Editorial Continental, 1974.

Teuscher, H. y Adler, R. (1981) *El Suelo y su Fertilidad*. Reinhold Publishing Corporation-New York.

Potash and Phosphate Institute (1987) *Manual de Fertilidad de los Suelos*.