

## ZONA SUR

RECUPERACIÓN DE SUELOS  
DEGRADADOS POR ACIDIFICACIÓN

**Ricardo Campillo R.**  
Ingeniero Agrónomo M. S.  
rcampill@carillanca.inia.cl

INIA Carillanca

La acidificación de los suelos de la zona sur, que limita la producción agrícola, es consecuencia de varios factores, como son la alta caída pluviométrica y el laboreo excesivo de los suelos. Sin embargo, la causa más importante ha sido el uso indiscriminado y abusivo de fertilizantes de reacción ácida, sin reparar en su impacto negativo para el recurso suelo.



El encalado, para reducir la acidez del suelo, debe aplicarse con la suficiente antelación a la siembra de los cultivos (30 a 45 días).

**E**n nuestro país los suelos con mayores limitaciones por acidificación y con menores contenidos de bases, principalmente calcio, se localizan en la X Región. Tanto las agrupaciones de suelos trumao, ñadis y rojo arcillosos presentan valores de pH más ácido, con limitaciones importantes de bases de intercambio y con elevadas concentraciones de aluminio intercambiable. Estos procesos tienden a intensificarse hacia el sur del país, hasta alcanzar su mayor expresión en la provincia de Chiloé, cuyo potencial de producción de praderas naturalizadas y establecidas se encuentra severamente limitado por la declinación de la fertilidad y acidificación del suelo. Los suelos de la IX Región no muestran la magnitud del problema de la X Región, pero durante la presente década la acidificación de

ciertas áreas se ha ido constituyendo en una de las principales limitaciones nutricionales de los suelos agrícolas.

### Causas de la acidificación de los suelos

Los suelos ácidos se generan por una pérdida de cationes básicos —calcio (Ca), magnesio (Mg), potasio (K) y sodio (Na)—, y una acumulación de cationes ácidos —aluminio (Al) e hidrógeno (H). La acidez de los suelos limita el crecimiento de las plantas debido a una combinación de factores que incluyen la toxicidad de aluminio, manganeso e hidrógeno y la deficiencia de nutrientes esenciales, principalmente calcio, magnesio, fósforo y molibdeno. Existen varios factores que potencian el proceso de acidificación

de los suelos, como la alta caída pluviométrica, normales en la zona sur del país; el laboreo de los suelos, propio de una agricultura de carácter intensivo, que facilita el proceso de lixiviación de bases de intercambio; la mineralización del nitrógeno (N) orgánico, sobre todo de los residuos frescos, que disminuye el pH natural del suelo. Pero, sin duda, la causa más importante ha sido el uso cada vez más indiscriminado de fertilizantes de reacción ácida en el suelo (que generan hidrógeno), en especial los amoniacales, que afectan tanto el pH del suelo como la pérdida de cationes básicos. El principal efecto de la toxicidad por aluminio es la restricción del desarrollo radical, por lo cual las raíces reducen el volumen de suelo que pueden explorar y son ineficientes en la absorción de nu-



**Cuadro 1**

Eficiencia relativa de Calcitas y Dolomitas según el grado de finura

Finura (mallaje ASTM)	Eficiencia relativa (%)	
	Calcitas	Dolomitas
20 - 60	19	11
60 - 100	50	25
100 - 200	85	39
>200	100	60

Fuente: Suárez, 1994.

trientes y de agua. Además, un exceso de aluminio en la solución de suelo interfiere en el transporte y utilización de los nutrientes esenciales (calcio, magnesio, potasio y fósforo).

## Reacciones del encalado en el suelo

El encalado consiste en agregar al suelo cualquier compuesto de calcio o de calcio y magnesio que sea capaz de reducir la acidez e incrementar el pH.

Los mecanismos de la reacción de los materiales encalantes permiten la neutralización de la acidez en la solución del suelo al ponerse en contacto la cal con el agua del suelo. Es por esta razón que la cal es efectiva solamente cuando existe humedad en el suelo. Los iones hidrógeno ( $H^+$ ) y aluminio ( $Al^{3+}$ ) de la solución de suelo reaccionan con los hidroxilos ( $OH^-$ ) provenientes de la hidrólisis de la cal, formando agua y precipitando el aluminio, el cual es reemplazado en los sitios de intercambio con calcio y otros cationes básicos. De esta manera, el aluminio tóxico de la solución queda químicamente inerte.

Es importante indicar que el ion bicarbonato ( $HCO_3^-$ ) es el que realmente eleva

los materiales encalantes deben evaluarse en experimentos de campo para medir su capacidad neutralizadora de la acidez del suelo.

el pH al hidrolizarse y producir iones  $OH^-$ . Por lo mismo, es que el yeso y otras sales neutras no son materiales encalantes ya que no neutralizan los hidrógenos de la solución de suelo.

Los productos más utilizados por su economía son los carbonatos. Existen dos categorías generales de enmiendas calcáreas: cales calcíticas o carbonato de calcio ( $CaCO_3$ ) y cales dolomíticas o carbonato doble de calcio y de magnesio ( $CaCO_3 \times MgCO_3$ ).

## Selección del material encalante

La calidad de los materiales encalantes depende principalmente de los siguientes factores: grado de finura, valor de neutralización, contenido de otros nutrientes y costos de producción, transporte y distribución.

**Grado de finura:** un factor de gran importancia en el encalado de los suelos es el grado de finura o tamaño de las partículas de la cal. Esto se debe a que la ve-

locidad de la reacción de la cal en el suelo depende de la superficie del producto en contacto con el suelo. Mientras más fino es el material, tiene más superficie de contacto y reacciona más rápido. Al mismo nivel de finura, las calcitas exhiben mayor efecto que las dolomitas producto de su mayor velocidad de solubilización en agua (cuadro 1).

Las partículas retenidas por malla 60 ya presentan limitaciones, en cambio, las partículas que pasan por malla 60 y superiores son de adecuada eficiencia agronómica.

**Valor de neutralización:** el valor neutralizante o equivalente de carbonato de calcio es la capacidad para neutralizar ácidos que tiene un producto encalante agrícola. A la capacidad de neutralización del carbonato de calcio puro se le ha asignado el valor 100% y sirve como punto de referencia para calificar el valor de neutralización de las cales.

El valor neutralizante de algunos compuestos se presenta en el cuadro 2. Se observa que mientras la cal calcítica tiene un valor neutralizante de 100 % —equivalente a 1000 kg/ha de cal—, la cal viva tiene un valor de 179 %, que es equivalente a 559 kg/ha de cal. Es decir, para provocar el mismo aumento de pH, se requiere aplicar al suelo mayor cantidad de cal calcítica que de cal viva.

Es importante tener presente que la eficiencia de neutralización de una enmienda es función de la reactividad y de su efecto residual (duración de la corrección de la acidez). Ambas características del material encalante son antagónicas: a mayor reactividad menor es el efecto residual y viceversa.

## Como aplicar el encalado

El material calcáreo debe ser aplicado en su totalidad en una sola oportunidad. Se ha demostrado que parcializarlo en tres ó cuatro años no ofrece ventajas. Al contra-

**Cuadro 2**

Características y valor neutralizante relativo de diferentes tipos de materiales encalantes

Fuente	Nombre común	Valor neutralizante (%)	Equivalencia $CaCO_3$ (kg/ha)
Carbonato de calcio	cal calcítica	100	1.000
Carbonato de calcio y magnesio	dolomita	109	917
Hidróxido de calcio	cal apagada	136	735
Oxido de calcio	cal viva	179	559

Fuente: Adaptado de Tisdale et al., 1985

rio, se deja de elevar los rendimientos en los primeros años y se encarece la utilización debido al mayor número de aplicaciones.

El efecto de la cal requiere de algún tiempo (30 a 60 días) para manifestarse en forma significativa (tiempo de incubación). El efecto benéfico se circunscribe sólo a la zona de aplicación. Por tal razón, las enmiendas precisan una aplicación y su incorporación inicial al suelo mediante el rastraje realizado en las labores de preparación de suelo. Este período de incubación dependerá de la solubilidad del material encalante, temperatura y humedad existente en el suelo al momento de la encaladura.

Cuando se trata de praderas sembradas, la incorporación solamente se puede hacer al inicio del cultivo, es decir con las labores de preparación de suelo. Una vez que el cultivo está establecido o en caso de praderas permanentes, solo se puede aplicar cal en la superficie, lo cual genera un efecto muy parcial del encalado. Una aplicación en cobertera de cal logra neutralizar la acidez principalmente en los primeros 5 cm del suelo, por la escasa movilidad de la cal. Su efecto real se observa luego del primer año. La duración del encalado (dos a cuatro años), dependerá del tipo de suelo, precipitación durante el invierno, cantidad de enmienda aplicada y la tasa de acidificación producida en ese suelo.

## Determinación de los requerimientos de cal

La decisión de encalar dependerá de las características del suelo y de la especie o variedad de cultivo. La estrategia reco-



La cal debe mezclarse en la capa arable del suelo para corregir las limitaciones de acidez.

mendada para abordar la acidificación es reducir el aluminio de la solución de suelo a niveles no tóxicos para las plantas, mediante el encalado. Sin embargo, se debe recordar que la toxicidad del aluminio es relativa, dependiendo del grado de sensibilidad o tolerancia del cultivo. Por esta razón, no es posible definir un nivel crítico de aluminio en la solución de suelo a alcanzar con el encalado, que sea válido para todas las especies y variedades.

En ensayos de campo se ha establecido que los suelos presentan diferencias en su resistencia al cambio de pH (poder tampón del suelo) con la aplicación del encalado. Así, se han definido algunas categorías de suelos de las regiones IX y X (cuadro 3), basados en experimentos de respuesta al encalado con especies forrajeras. Por ejemplo, un suelo trumao de la localidad de Vilcún sube su pH en 0,11 a 0,12 unidades por cada

tonelada de carbonato de calcio aplicada. En otras palabras, se requieren 820 a 900 kg de enmienda (a 7,5 cm de profundidad), para que el pH se incremente en 0,1 unidades. Para encalar hasta una profundidad de 15 o 20 cm, se deben duplicar las dosis de cal señaladas en el cuadro 3.

## Qué dosis de cal usar

La elección de la dosis de encalado para corregir la acidez del suelo dependerá de los siguientes factores: tolerancia del cultivo a la acidez, capacidad tampón del suelo, variación entre el pH inicial del suelo y el pH a alcanzar según el cultivo, composición y características de la enmienda calcárea aplicada y profundidad del encalado. Resulta evidente la imposibilidad de generalizar dosis de encalado para los cultivos dado los diferentes factores que la condicionan.

El sobreencalado del suelo puede provocar una serie de problemas, como deficiencia de magnesio, reducción en la absorción de fósforo, deficiencia de los micronutrientes cinc y boro, deterioro de la estructura física del suelo y reducción en la infiltración del agua. Las dosis exageradas pueden ser perjudiciales para la producción de los cultivos, además de encarecer innecesariamente sus costos de producción. Finalmente, debe recordarse que el encalado correctivo necesita ser complementado con una fertilización balanceada e integral, para aprovechar plenamente sus beneficios correctivos. ▲

**Cuadro 3**

**Poder tampón de algunas agrupaciones de suelos trumaos (0 - 7,5 cm), de las regiones IX y X.**

Región	Zona geográfica	Localidad	Poder tampón <sup>1</sup>	CaCO <sub>3</sub> kg/ha <sup>2</sup>
IX	V. Central	Vilcún	0,11 - 0,12	820 - 900
	Precordillera	Pucón	0,14 - 0,15	650 - 700
	S. Costero	Hualpín	0,17 - 0,19	530 - 600
X	V. Central	Máfil	0,13 - 0,14	710 - 770
	V. Central	Osorno	0,12 - 0,14	710 - 830
	V. Central	Purranque	0,12 - 0,14	710 - 830

<sup>1</sup>Variación del pH en agua del suelo por ton/ha de carbonato de calcio.

<sup>2</sup>Carbonato de calcio para elevar el pH en 0,1 unidades.

Fuente: Campillo y Sadzawka, 1995.