

# ACIDEZ DE SUELO ✓

**René Bernier V.**<sup>1</sup>  
Ingeniero Agrónomo, M.Sc.  
**Pablo Undurraga D.**<sup>1</sup>  
Ingeniero Agrónomo

---

<sup>1</sup>Centro Regional de Investigación Remehue - INIA.

## ÍNDICE

	Página
ORIGEN DEL PROBLEMA .....	53
ACIDEZ Y PRODUCTIVIDAD .....	55
GRADOS DE ACIDEZ .....	56
CORRECCIÓN DE LA ACIDEZ .....	56
REACCIONES DE NEUTRALIZACIÓN .....	57
NORMAS TÉCNICAS DEL USO DE LA CAL .....	58
Tiempo de incubación .....	58
Material encalante .....	58
BIBLIOGRAFÍA .....	60

La acidificación de los suelos es un problema que afecta amplias zonas de Chile, lo que se ve acentuado desde la VIII a la X regiones. En rigor, la acidez corresponde más a un problema de los cultivos que de los suelos. Siempre existirá algún vegetal con tolerancia a determinado grado de acidez. Cuando ésta es superada se produce el problema.

Las diferentes especies vegetales tienen diferentes requerimientos de acidez de suelo (Cuadro 1).

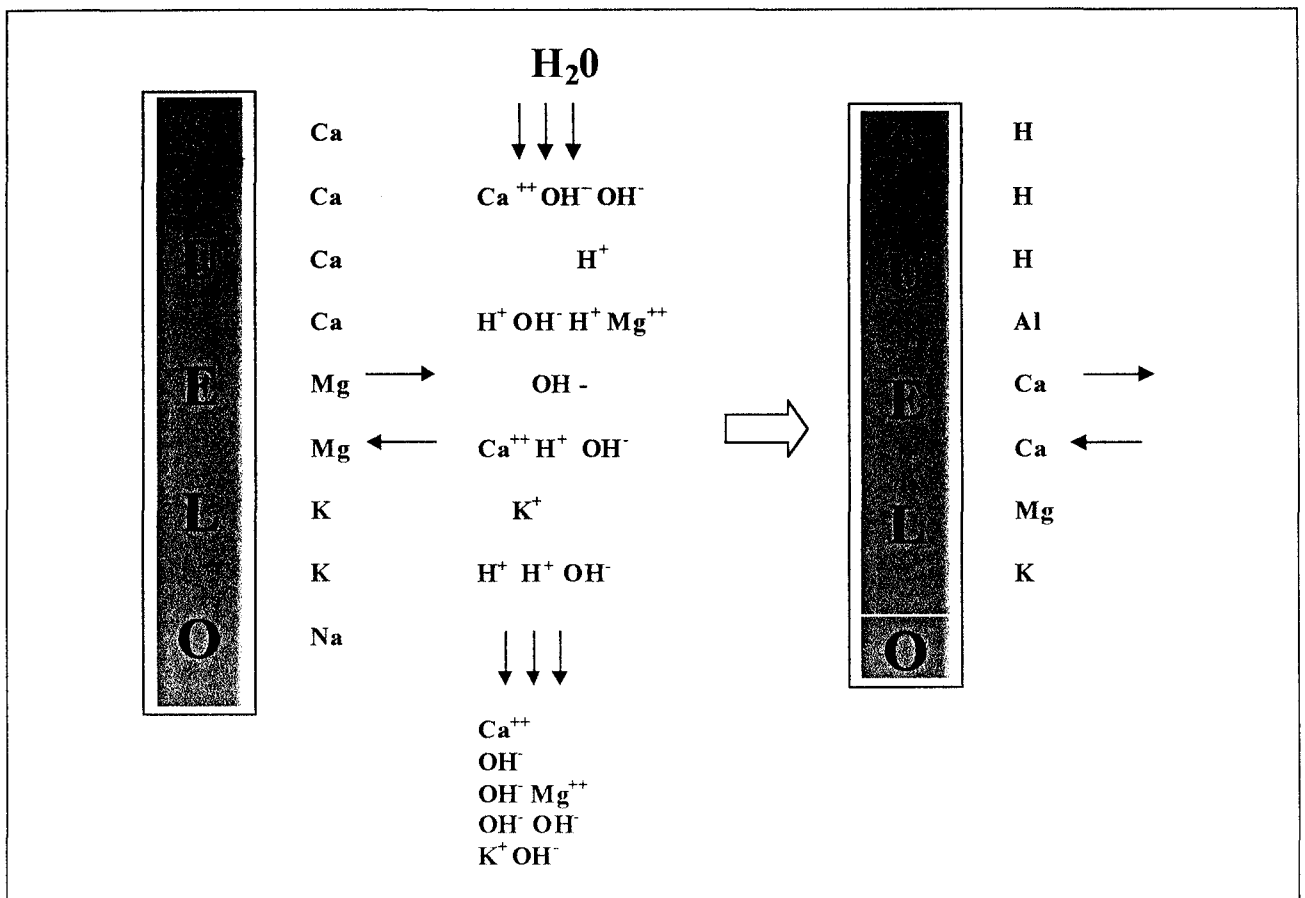
**Cuadro 1. Valores de pH críticos y suficientes para algunos cultivos y praderas de la X Región**

<b>Especies</b>	<b>pH crítico</b>	<b>pH suficiente</b>
Papa	5,0	5,5
Ballica	5,5	5,7
Avena	5,5	5,7
Trigo	5,5	5,8
Trébol blanco	5,6	5,8
Pradera mixta	5,6	5,8
Raps	5,7	5,9
Cebada	5,8	6,0
Trébol rosado	5,8	6,0
Remolacha	6,0	6,4
Alfalfa	6,2	6,6

### **ORIGEN DEL PROBLEMA**

Existen procesos naturales que provocan la acidificación de los suelos. Estos procesos pueden ser acelerados o retardados por acción del hombre, a través de las prácticas de manejo.

El proceso natural de mayor incidencia en la acidificación de los suelos es la lixiviación de los cationes básicos. La magnitud de esta pérdida y la aparición del  $Al^{3+}$  (tóxico), es debido a la cantidad e intensidad de las lluvias. En zonas áridas los pH son altos (alcalinos) y en zonas húmedas los pH son bajos (ácidos) (Figura 1).



**Figura 1. Esquema de la lixiviación de los cationes de intercambio.**

El laboreo intenso del suelo y el uso de fertilizantes de reacción ácida constituyen los factores principales de acidificación por acción del hombre.

Actualmente, en el mercado de los fertilizantes se ofrecen productos que contienen nitrógeno en forma amoniacal (fertilizantes, nitroamoniacales o amoniacales) o amidada (urea). Estas formas de nitrógeno (amoniacal o amidada) pueden ser oxidadas a nitrito o nitrato, a través de la acción de microorganismos del suelo. Esta transformación es producto de una reacción que libera iones hidrógeno ( $\text{H}^+$ ), produciéndose la acidificación de la solución del suelo. En el Cuadro 2, se señalan algunos fertilizantes ofrecidos en el mercado, incluyendo los que pueden presentar riesgos de acidificación.

**Cuadro 2. Alternativas para la fertilización nitrogenada en suelos con riesgos de acidificación**

Productos	CaCO <sub>3</sub> equivalente en exceso (E) o déficit (D)	
	Kg CaCO <sub>3</sub> /kg N	Kg CaCO <sub>3</sub> /100 kg fertilizante
Salitre Na	1,80 (E)	28,80 (E)
Nitrocal	1,57 (E)	24,30 (E)
Supernitro Mg (25% N 4% MgO)	0,17 (E)	4,20 (E)
*Urea + Cal (3,6 kg CaCO <sub>3</sub> /kg N)	1,80 (E)	82,80 (E)
Nitroplus (22% N, 7,5% MgO, 12% CaO)	0 (neutro)	0 (neutro)
*Urea + Cal (1,8 kg CaCO <sub>3</sub> /kg N)	0 (neutro)	0 (neutro)
Supernitro (25% N)	0,14 (D)	3,50 (D)
Nitromag (27% N, 5% MgO, 7% CaO)	0,87 (D)	23,60 (D)
Urea (46% N)	1,80 (D)	82,80 (D)

En el Cuadro 2, se presenta los índices de acidez o basicidad que tienen los diferentes fertilizantes nitrogenados, expresados en kilogramos de carbonato de calcio puro por kilogramo de nitrógeno aportado por el fertilizante y cantidad de carbonato de calcio por 100 kilogramos de fertilizante. Ambas columnas son equivalentes. Por razones prácticas y debido a las diferentes solubilidades de los productos, se recomienda duplicar o triplicar las cantidades de carbonato de calcio indicadas en el Cuadro 2.

### **ACIDEZ Y PRODUCTIVIDAD**

A medida de que los suelos se acidifican se solubilizan minerales que liberan Al a la solución del suelo. Este Al puede alcanzar niveles tóxicos dependiendo de la sensibilidad o tolerancia de los cultivos o forrajeras.

El Al es liberado por el complejo de intercambio, debido a la disminución de las bases y al aumento de iones hidrógeno.

En el intercambio el Al pasa a formar parte de las bases, y sumado al Ca, K, Mg y Na, constituyen la capacidad de intercambio efectiva (CICE). Sin embargo, el índice de saturación de Al (% sat. Al), es más ilustrativo para dimensionar el problema, porque da cuenta de la proporción que este elemento ocupa en la CICE. Cuando el índice de saturación de Al es mayor a 10, se espera que se produzcan síntomas de toxicidad.

Otro aspecto importante que se afecta por la presencia de Al es la actividad microbiológica. Cuando los niveles de Al son altos, esta actividad disminuye, lo que limita o restringe la mineralización y la fijación biológica del N, la mineralización del S y la del P. Además, cuando el pH del suelo disminuye, la capacidad de retención de fósforo aumenta. Esto se debe a la presencia de iones H y de Al en la solución del suelo.

### **GRADOS DE ACIDEZ**

El pH del suelo es el indicador más generalizado de su grado de acidez. Estrictamente mide la concentración de los iones H presentes en la solución del suelo. El pH de la solución medido en agua no es un indicador demasiado riguroso del nivel de la toxicidad de Al, siendo más adecuado utilizar el % de saturación de Al, o también el pH del suelo medido en CaCl<sub>2</sub>.

### **CORRECCIÓN DE LA ACIDEZ**

Una de las formas de corregir la acidez de los suelos es a través de la aplicación de enmiendas calcáreas, existiendo diferentes materiales de origen mineral que son eficaces para producir este efecto.

Entre las enmiendas calcáreas de uso agrícola se conocen las indicadas en el Cuadro 3. En este se expresa el valor neutralizante de cada enmienda en relación a un valor de referencia del carbonato de calcio.

**Cuadro 3. Enmiendas calcáreas con diferente valor neutralizante**

<b>Material</b>	<b>Valor neutralizante</b>
Carbonato de calcio	100
Carbonato de magnesio	119
Óxido de calcio (cal viva)	178
Óxido de magnesio	250
Hidróxido de calcio (cal apagada)	135
Hidróxido de magnesio	172
Dolomita (carbonato de Ca y de Mg)	108
Hidróxido de dolomita	175

La elección de la enmienda más adecuada depende de dos factores determinantes:

- calidad de la enmienda
- costo de la enmienda.

La calidad de la enmienda se mide en base a:

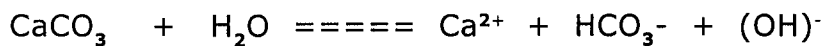
- su poder de neutralización
- tamaño de partículas (grado de finura)
- contenido de magnesio.

Como son productos de lenta solubilidad, el tamaño de las partículas adquiere gran importancia. A mayor finura hay mayor contacto entre la enmienda y las partículas de suelo.

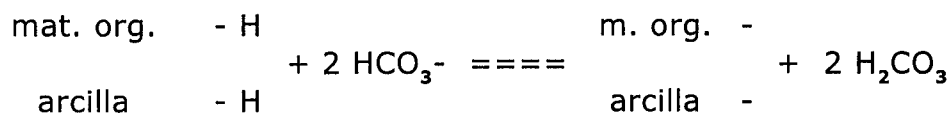
## REACCIONES DE NEUTRALIZACIÓN

En general, todas las enmiendas tienen reacciones similares en el suelo. Para ilustrar el proceso de neutralización se considerará al carbonato de calcio, por ser la enmienda más utilizada en el medio:

- **Hidrólisis del carbonato de calcio (CaCO<sub>3</sub>)**

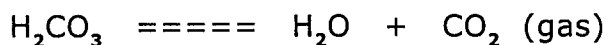


- **Captura de factores ácidos ( H + )**

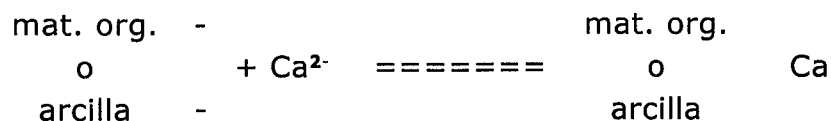


El ión bicarbonato (HCO<sub>3</sub><sup>-</sup>) captura 2 H<sup>+</sup> que están en el coloide y producen acidez, dejando dos sitios vacíos (momentáneamente).

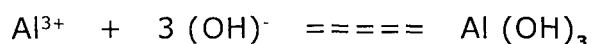
- **Disociación del ácido carbónico (H<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>)**



- **Ocupación de los sitios vacíos (por los iones Ca)**



- **Neutralización del Al**



El ión Al activo es neutralizado por iones (OH)<sup>-</sup> provenientes de la hidrólisis del carbonato de calcio, formando un producto estable y fisico-químicamente neutro.

## **NORMAS TÉCNICAS DEL USO DE LA CAL**

### **TIEMPO DE INCUBACIÓN**

Es el tiempo que la enmienda debe estar en contacto con el suelo, previo a una siembra. Este proceso se activa con la incorporación y mezcla del material con el suelo. Según las condiciones de temperatura y humedad, el tiempo de incubación puede variar de uno a varios meses.

### **MATERIAL ENCALANTE**

En el país no existe gran diversidad de materiales que se puedan utilizar para neutralizar la acidez del suelo. En la actualidad se pueden encontrar las enmiendas que se presentan en el Cuadro 4.

**Cuadro 4. Contenido de carbonato de calcio equivalente y otras características relevantes de algunas cales comerciales**

<b>Producto comercial</b>	<b>% CaCO<sub>3</sub> equivalente</b>	<b>Otras características</b>
Fango IANSA	40	Alta humedad, producto difícil de aplicar, heterogéneo, compactado.
Cal IANSA	58	30% de humedad, presenta algunos terrones. Contiene N, P y otros elementos.
Magnecal	98	Contiene Mg (15 a 16% de MgO). Producto seco de alta finura.
Soprocal	90	0,6 a 1,2% de Ca (OH) <sub>2</sub> (más rápido). 0,6 a 1,2% de MgO. Seco de alta finura.
Conchas Molidas	95	Varios orígenes y características.

Fuente: Suárez, 1994.



- **Dosis de cal**

La dosis de cal depende fundamentalmente de los siguientes factores:

- acidez actual del suelo (pH y % de saturación de Al)
- contenido de materia orgánica del suelo
- tipo de suelo (contenido y calidad de arcilla)
- poder neutralizante del material
- mallaje o grado de finura del material encalante.

El efecto del grado de finura del material se observa en el resultado experimental que se presenta en el Cuadro 5.

**Cuadro 5. Efectividad de la calcita según el grado de finura**

Tamaño partículas	Efectividad, %
> 2 mm	inefectiva
0,25 a 2 mm	50%
< 0,25 mm	100%

Fuente: R. Campillo, 1996.

Dentro de las enmiendas calcáreas se incluye el sulfato de calcio o yeso. Este material se utiliza como enmienda en suelos salinos sódicos pero no tiene un efecto neutralizador de la acidez de los suelos, como se muestra en el siguiente experimento (Cuadro 6).

**Cuadro 6. Efecto del carbonato de calcio (yeso) sobre las características químicas de un suelo Osorno después de un año aplicación (profundidad de 0 a 20 cm).**

Yeso, t/ha	Ca Int. Cmol+/kg	pH agua	pH CaCl <sub>2</sub>	Al int.
0	3,71	5,50	4,80	0,34
1,7	4,21	5,50	4,80	0,24
3,4	4,72	5,40	4,80	0,33
6,8	5,43	5,40	4,80	0,30

Fuente: R. Campillo, 1996.

Como se aprecia en el Cuadro 6, las dosis crecientes de sulfato de calcio (yeso agrícola) producen un incremento en los niveles de calcio intercambiable del suelo, pero no tiene efecto sobre el pH ni sobre el aluminio de intercambio.

## **BIBLIOGRAFÍA**

- Campillo, R. 1994.** Diagnóstico de la fertilidad de los suelos de la Décima Región. *En:* Campillo y Bortolameolli (ed). Corrección de la fertilidad y uso de enmiendas en praderas y cultivos forrajeros. Serie Remehue N° 53. Instituto de Investigaciones Agropecuarias, Centro Regional de Investigación Remehue, Osorno, Chile. 135 p.
- Campillo, R. 1996.** Encalado de suelos ácidos para producción de alfalfa. Instituto de Investigaciones Agropecuarias (INIA). Chile, Ministerio de Agricultura Tierra Adentro, N° 8. p. 41-44.
- Sadzawka, Angélica y R. Campillo. 1999.** Acidificación de los suelos y los procesos involucrados. *En:* Alfaro, M. (ed). Curso de Capacitación para operadores del Programa de Recuperación de suelos degradados Zona Sur (Regiones IX y X). Serie Remehue N° 71, Centro Regional de Investigación Remehue (INIA), Osorno, Chile, p. 93-103.
- Suárez, Domingo. 1991.** Diagnóstico de las necesidades de encalado. *En:* Acidez y encalado de suelos en la Región de los Lagos Instituto de Investigaciones Agropecuarias (Chile), Estación Experimental Remehue (Osorno), Serie Remehue N° 15, p. 77-94.
- Suárez, Domingo. 1994.** Uso de cales y fertilizantes en praderas de la zona sur. *En:* Latrille, L. (ed). Producción Animal. Universidad Austral de Chile, Facultad de Ciencias Agrarias, Instituto de Producción Animal, Valdivia (Chile), Serie B-18, p. 39-65.
- Suárez, Domingo. 1996.** Acidificación de suelos y uso de fertilizantes nitrogenados. *En:* Latrille, L. (ed). Producción Animal. Universidad Austral de Chile, Facultad de Ciencias Agrarias, Instituto de Producción Animal, Valdivia (Chile), Serie B - 20, p. 145-161.