

## Manejo de suelos Ácidos.

### ¿Qué es la acidez del suelo?

En la solución del suelo, las altas concentraciones de Aluminio ( $Al^{3+}$ ) e Hidrógeno activo ( $H^+$ ) dan lugar a la acidez del suelo. El pH (potencial de hidrógeno) es la medida del grado de acidez o alcalinidad de un suelo. Un pH de 7.0 indica neutralidad, pero a medida que este valor disminuye el suelo se vuelve más ácido, de manera que, un pH de 6.0 es diez veces más ácido que un pH de 7.0. El significado práctico del pH en términos de acidez del suelo, es que afecta significativamente la disponibilidad y la asimilación de nutrientes, y ejerce una fuerte influencia sobre la estructura del suelo.

### ¿Cómo se genera?

**Remoción de nutrientes por los cultivos.** Los cultivos, sobre todo los de alto rendimiento pueden ocasionar acidez al suelo mediante la absorción de cationes básicos (Ca, Mg y K). La planta, al absorber cationes libera hidrógeno para mantener el equilibrio en su interior, el cual genera acidez. Por ejemplo un cultivo de maíz puede remover hasta 60 kg de Mg  $ha^{-1}$ .

**Elevada precipitación.** El exceso de lluvias ocasiona la lixiviación o lavado de cationes intercambiables (Ca, Mg, K y Na). El potasio y sodio son los dos cationes que se lixivian más fácilmente y dan lugar a ser sustituidos por el hidrógeno y el aluminio.

**Descomposición de la materia orgánica.** Al descomponerse la materia orgánica por la acción de los microorganismos del suelo, se libera dióxido de carbono que se transforma fácilmente en bicarbonato, esta reacción libera hidrógeno que acidifica el suelo.

**Uso de fertilizantes nitrogenados de reacción ácida.** Los fertilizantes nitrogenados que contienen o forman amonio ( $NH_4^+$ ) incrementan la acidez del suelo. El sulfato de amonio, nitrato de amonio y la urea son los fertilizantes típicos que generan esta reacción. Al aplicar estos fertilizantes al suelo, el amonio ( $NH_4^+$ ) se transforma en nitrato ( $NO_3^-$ ) gracias a la acción biológica y libera hidrógeno que acidifica el suelo. Esta reacción es necesaria y se da de manera natural, ya que la mayor parte del nitrógeno que absorbe la planta es en forma de nitrato. Por cada molécula de  $NH_4$  que se transforma a  $NO_3$ , se liberan dos moléculas de  $H^+$ .

**Aluminio intercambiable.** La presencia de aluminio ( $Al^{3+}$ ) en la solución del suelo induce el desarrollo de la acidez del suelo. El aluminio que se desplaza de las arcillas por otros cationes reacciona con el agua y libera hidrógenos. Este incremento en la acidez promueve la presencia de más aluminio disponible para reaccionar nuevamente. Tan solo una concentración de 2-5 ppm de aluminio en la solución de suelo es tóxica para cultivos sensibles, y más de 5 ppm ya es tóxico para cultivos tolerantes.

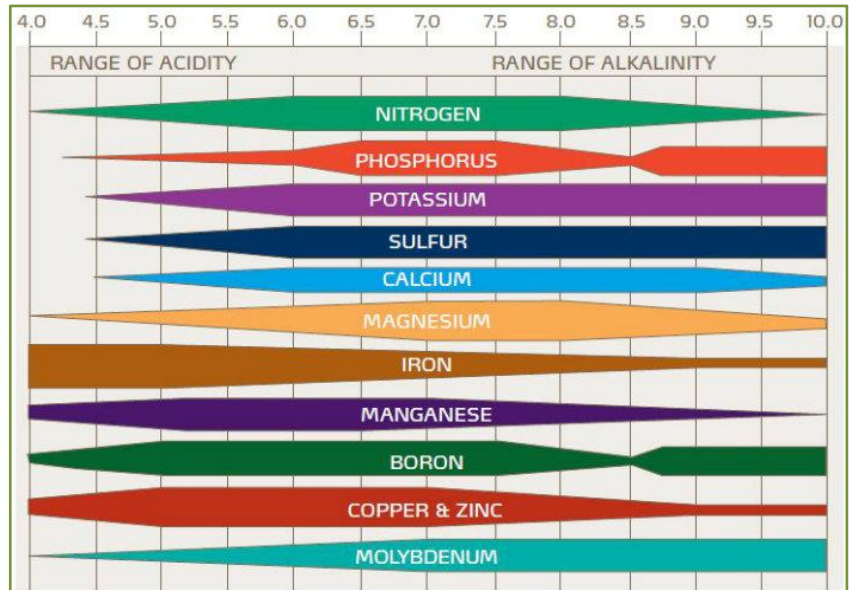


Figura 1. Disponibilidad de nutrientes respecto al pH del suelo.

Cuadro 1. Efecto del uso continuo de fertilizantes sobre el pH del suelo.

Fuente	pH
Testigo (N-)	6.7
Urea	5.9
Solución N 32 %	5.7
$NH_4NO_3$	5.5
$(NH_4)SO_4$	4.7

### ¿Qué efectos causa?

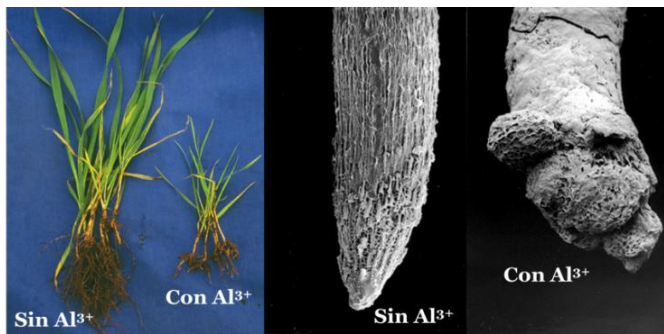
La producción de cultivos en suelos ácidos impide conseguir altos potenciales de rendimiento y buena calidad de las cosechas (Cuadro 2), por ejemplo, en muchas regiones de México y Centroamérica la productividad del maíz ha disminuido por efecto de la acidez. En estas condiciones del suelo, la solubilidad del aluminio, hierro (Fe) y manganeso (Mn) es elevada y sus concentraciones aumentan hasta llegar a niveles muy tóxicos para las plantas. Por su parte, el aluminio también impide la absorción de calcio y magnesio. Finalmente, las raíces se acortan y engrosan, impidiendo así la absorción de agua y nutrientes, en particular, el abasto de fósforo (P) y molibdeno (Mo) se ve seriamente comprometido. Sin embargo, el efecto más grave es sobre el proceso de fijación biológica de nitrógeno en las leguminosas.

**Cuadro 2.** Potencial de rendimiento en función del pH del suelo.

Cultivo	pH				
	4.7	5	5.7	6.8	7.5
Maíz	34 %	73 %	83 %	100 %	85 %
Soya	65 %	70 %	80 %	100 %	93 %
Alfalfa	--	--	42 %	100 %	100 %

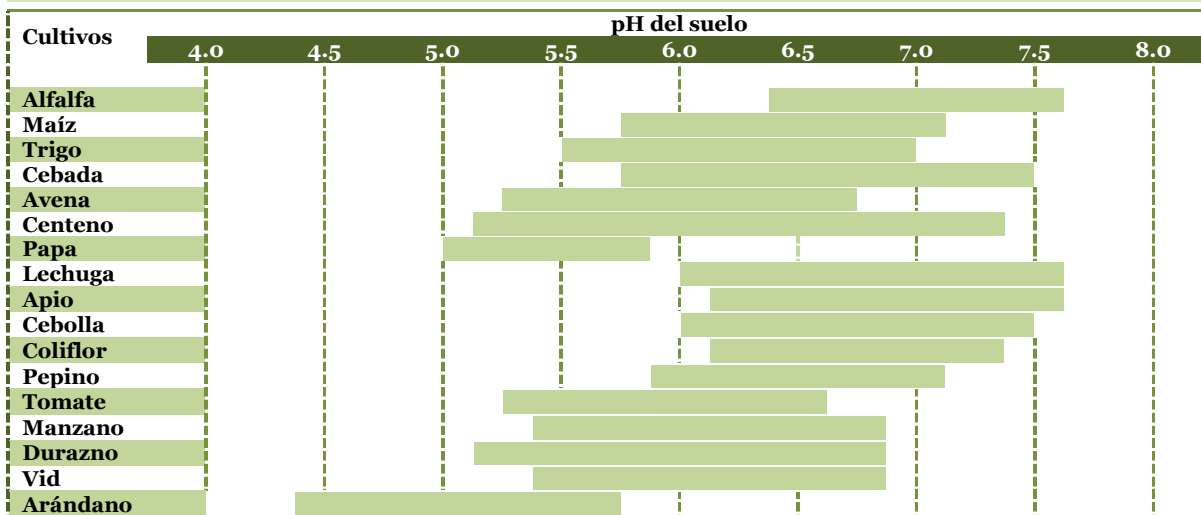
### ¿Dónde se presenta en México?

En México, los suelos ácidos se encuentran distribuidos en las regiones tropicales y en los bosques templados. Se sabe que cubren una superficie cercana a los 14 millones de ha, donde Veracruz, Tabasco, Chiapas y Campeche son los estados que concentran la mayor cantidad de suelos con estas características. Por ejemplo, una de las regiones más afectadas por la acidez del suelo es la Frailesca, en el Estado de Chiapas. Sin embargo en estados como Jalisco, Nayarit y Colima, también hay muchas zonas con suelos ácidos.



**Figura 2.** Daños a la raíz por toxicidad de aluminio en trigo. **Fuente:** CSIRO.

**Cuadro 3:** Rango de pH deseable por los cultivos.



**Fuente:** Adaptado de Venegas (1993).

### ¿Qué pH prefieren los cultivos?

Los cultivos tienen un rango de pH en el cual se desarrollan adecuadamente, pero a medida que se sale de estos valores sus rendimientos se ven afectados.

### ¿Cómo se mide?

Uno de los principales objetivos de análisis de suelos es conocer el pH del mismo. A partir del conocimiento de este parámetro se determina si hay que adicionar mejoradores de suelo que disminuyan este problema. El uso del potenciómetro es el método más preciso y utilizado para esta determinación, puede hacerse en laboratorio, aunque

actualmente ya existen equipos portátiles que miden el pH con tanta precisión como los de laboratorio. El valor de pH del suelo se determina al poner en contacto una suspensión suelo-agua destilada (en una relación 1:2 o 1:1), pero también se suele medir usando  $\text{CaCl}_2$  0.01M o  $\text{KCl}$  1 N en lugar de agua. La determinación de pH en  $\text{CaCl}_2$  es normalmente 0.5 a 0.8 unidades más baja que la determinada usando agua solamente. Cuando la medición de pH se realiza en una solución de  $\text{KCl}$  1 N, la diferencia en pH con respecto al medido en agua puede llegar a ser más de una unidad más baja que en agua. Por esta razón, cuando se reporta el pH del suelo, siempre se debe indicar el procedimiento de determinación y la relación suelo:agua o solución empleada, para poder interpretar el dato correctamente. En lo sucesivo cuando se especifique el pH del suelo, nos referimos al medido en suelo:agua (1:2), dado que es la que se usa en Fertilab.



**Figura 3:** Medidor de pH LAQUAtwin de Horiba.

### ¿Cómo se controla?

Aunque en la actualidad se disponga de genotipos tolerantes a la acidez, la solución más acertada, técnica y económicamente, es la aplicación de materiales básicos (enmiendas calcáreas) que neutralicen la acidez. Esta práctica se conoce como encalado y los materiales que la hacen posible son principalmente carbonatos, óxidos, hidróxidos y silicatos de calcio y/o magnesio, todos con diferente capacidad de neutralización.

### ¿Qué productos se deben de usar?

El material más utilizado para el encalado de suelos es la cal agrícola o calcita, la cual contiene principalmente carbonato de calcio ( $\text{CaCO}_3$ ). El óxido de calcio ( $\text{CaO}$ ) conocido como cal viva y el hidróxido de calcio [ $\text{Ca}(\text{OH})_2$ ] conocido como cal hidratada, son dos fuentes de rápida reacción en el su suelo, pero muy difíciles y desagradables de manejar, por lo que no se recomienda su uso. Otras fuentes como la dolomita ( $\text{CaCO}_3 \cdot \text{MgCO}_3$ ) tienen la ventaja de aportar magnesio. La calidad de estos materiales se establece principalmente en base a los siguientes términos:

**Cuadro 4:** Principales fuentes para encalado y sus concentraciones.

Fuente	Concentraciones (%)			
	CaO	Ca	MgO	Mg
Cal Agrícola, $\text{CaCO}_3$	53 – 59	37.6 – 41.9	-	-
Dolomita, $\text{CaCO}_3 \cdot \text{MgCO}_3$	28 – 39	19.9 – 27.7	17.5 – 39	7.4 – 16.4

**Pureza del material.** La capacidad para neutralizar la acidez depende de la pureza y composición química de la fuente. Para conocer la pureza se utiliza el criterio del equivalente químico (EQ) que es la medida del poder de neutralización de una cal en particular. Su capacidad para neutralizar se compara con el poder de neutralización del  $\text{CaCO}_3$  químicamente puro, al cual se le asigna un valor de 100 %. Los materiales con menos de 80 % de EQ (32 % de Ca) son de baja calidad.

**Tamaño de las partículas.** La velocidad de reacción de los materiales se determina por el tamaño de sus partículas. A menor tamaño de partícula hay mayor superficie de contacto con el suelo (mayor superficie específica), por lo tanto mayor rapidez de reacción.

**Poder relativo de neutralización total (PRNT).** Es la evaluación conjunta de la pureza y finura de los materiales. Este índice de eficiencia se obtiene multiplicando la eficiencia granulométrica por el equivalente químico y este producto se divide entre 100.

**Cuadro 5.** Eficiencia relativa granulométrica de la cal con base en el tipo de malla.

Numero de Malla mesh*	Tamaño de los orificios mm	Eficiencia Relativa %
< 8	> 2.36	0
8 – 20	2.36 – 0.85	20
20 – 40	0.85 – 0.42	40
20 – 60	0.85 – 0.25	60
> 60	< 0.25	100

\* Número de orificios por pulgada cuadrada.

### ¿Qué dosis de encalado aplicar al suelo?

Los suelos difieren en su capacidad de amortiguamiento (oponerse a un cambio de pH). Normalmente los suelos con mayor contenido de materia orgánica y arcilla tienen mayor capacidad de amortiguamiento, por lo tanto requieren mayor cantidad de enmienda para un cambio de pH. Esta característica de los suelos depende de su capacidad de intercambio catiónico (CIC). Para saber los requerimientos de cal se determina la capacidad de amortiguamiento del suelo mediante una determinación llamada pH Buffer. A través de esta determinación,

Fertilab ha calibrado las dosis de encalado, ajustadas en función del valor de la CIC. El dato de dosis de encalado del cuadro 6 debe de ser ajustado en base a la CIC del suelo, según los valores que se indican en el cuadro 7.

### ¿Cómo y cuándo aplicar la cal?

La cal se mueve muy poco en el suelo, de manera que sus efectos benéficos ocurren solamente en la zona de aplicación. La efectividad de la cal se logra mezclando perfectamente el material en los primeros 15 – 20 cm de suelo utilizando implementos como la rastra. La incorporación del material asegura mayor eficiencia, sobre todo en suelos de textura media a pesada. Para cultivos ya establecidos o pastos, y cultivos perennes, la incorporación no es posible y la única forma de aplicación es superficial o con escasa incorporación. En cultivos como café, plátano y palma aceitera, la aplicación se realiza en banda o en zona de fertilización.

Para que la reacción química se manifieste es necesario que haya humedad en el suelo, de tal manera que el encalado se lleva a cabo unos dos meses antes de la temporada de lluvias para mayor efectividad.

### ¿Con que frecuencia encalar?

Conocer el ritmo de acidificación o alcalinización a través de un análisis de suelos nos permite definir la frecuencia, tipo y cantidad de cal a aplicar. Lamentablemente no es muy certero hacer generalizaciones respecto a la frecuencia de encalado, ya que son muchos los factores involucrados, tales como la capacidad de amortiguamiento del suelo, la precipitación pluvial, el uso de fertilizantes amoniacales, y la incorporación de materia orgánica.

### Uso del yeso agrícola como enmienda

El yeso agrícola (sulfato de calcio dihidratado) también se emplea como enmienda en suelos ácidos, pero únicamente como un mejorador del ambiente radicular, ya que por ser una sal neutra su aplicación no cambia la acidez del suelo (prácticamente no hay cambio en el pH). Es un material que aporta calcio y azufre, disminuye la actividad del aluminio en el suelo, reduce la saturación de aluminio en el complejo de intercambio en el suelo, favorece el crecimiento y una mayor exploración de raíces, y crea una mejor estructura del suelo.

**Cuadro 6.** Dosis de encalado para elevar el pH del suelo.

pH Buffer	Calibración Fertilab (ton/ha de CaCO <sub>3</sub> )		
	pH 7.0	pH 6.5	pH 6.0
4.8	25.1	20.3	14.9
5.6	16.1	12.5	9.1
5.8	14.6	11.3	8.2
5.9	13.5	10.3	4.5
6.0	12.2	9.0	6.7
6.1	11.3	8.4	6.05
6.2	10.3	7.5	5.4
6.3	9.1	6.5	4.7
6.4	7.5	5.1	3.6
6.8	3.6	1.8	1.1

**Cuadro 7.** Factor de corrección de encalado por CIC.

CIC	Factor
> 20	0.82
15 – 20	0.67
10 - 15	0.50
< 10	0.33



Analizamos la tierra para ayudar a cumplir metas y construir nuevos sueños...

fertilab.com.mx

+52 (461) 614 5238

laboratorio@fertilab.com.mx