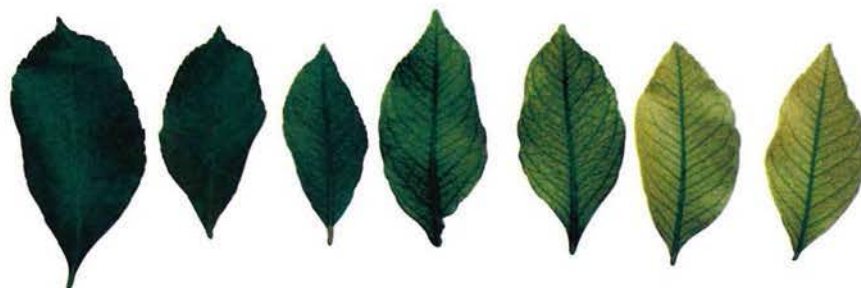


QUÉ ES EL pH

Angélica Sadzawka R.
Química Farmacéutica
asadzawk@platina.inia.cl
INIA La Platina

A menudo los especialistas se refieren a los niveles de alcalinidad o acidez del suelo con la expresión "pH". Sin embargo, para muchos el término es como una caja negra de cuyo contenido se sabe poco. La autora del presente artículo, luego de una breve introducción técnica, explica en términos sencillos qué significa y cuáles son los fenómenos productivos con los que se relaciona.



DEL SUELO

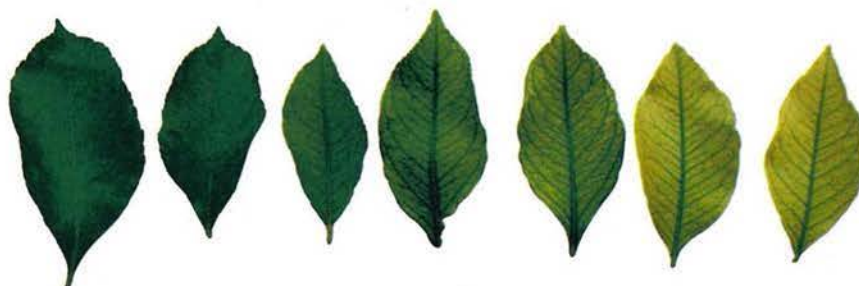
El pH del suelo es un valor que expresa la actividad del ion hidronio (H_3O^+) o, más comúnmente, del ion hidrógeno (H^+) en la solución de suelo, y es una indicación de la reacción del suelo. Estrictamente, el pH del suelo se define como el logaritmo (en base 10) negativo de la actividad del ion hidrógeno, que en términos matemáticos se expresa de la siguiente forma: $pH = -\log [H^+]$. La actividad de un ion puede definirse como la concentración efectiva de ese ion en una solución. En soluciones de suelos que no están afectados por sales, los términos actividad y concentración son prácticamente iguales. En soluciones acuosas, el producto de las actividades de los iones hidrógeno (H^+) e hidroxilo (OH^-) es constante, de manera que si una aumenta, la otra disminuye. La escala de pH se extiende de 0 a 14. El pH 7 es el punto neutro, en el cual las concentraciones de H^+ y OH^- son iguales (las concentraciones son tan bajas como 0,0000001 mol/lit ó 0,0000001 g/lit de H^+ ó 0,0000017 g/lit de OH^-).

Cuando aumenta la concentración de iones hidrógeno en la solución de suelo, disminuye la de iones hidroxilos, el pH baja de 7,0 y el suelo se acidifica. Cuando disminuye la concentración de iones hidrógeno, aumenta la de iones hidroxilos, el pH sube de 7 y el suelo se alcaliniza. La expresión logarítmica de los valores de pH significa que a cada unidad de cambio del pH de una solución corresponde una variación de diez veces en la concentración de H^+ . Así, un suelo de pH 6,5 es diez veces menos ácido que uno de 5,5 y cien veces menos que uno de pH 4,5. A la inversa, por cada unidad de aumento del pH la alcalinidad aumenta diez veces.

En el cuadro 1 se indican los términos que se usan para describir la reacción del suelo respecto al rango de pH, y los valores de pH de algunos productos comunes.

Importancia del pH

Aunque la cantidad de H^+ en la solución de suelo normalmente es pequeña, la actividad de estos iones es muy importan-



Síntomas de clorosis férrica en hojas de limonero, indicadores de deficiencia de hierro. Este problema es común en suelos de pH alcalino, porque la disponibilidad de hierro disminuye al aumentar el pH.

Cuadro 1

Términos descriptivos para varios rangos de pH del suelo y valores de pH de algunos productos comunes

Término descriptivo	Rangos de pH en agua	Producto	pH
Extremadamente ácido	menos de 4,5	Coca Cola	3,0
Muy fuertemente ácido	4,5-5,0	Cerveza	4,5-5,0
Fuertemente ácido	5,1-5,5	Zanahoria	5,1
Moderadamente ácido	5,6-6,0	Papa	5,6
Débilmente ácido	6,1-6,5	Leche fresca	6,3-6,5
Neutro	6,6-7,3	Saliva	6,6-7,3
Débilmente alcalino	7,4-7,8	Huevo	7,6-7,8
Moderadamente alcalino	7,9-8,4	Agua de mar	8,2-8,4
Fuertemente alcalino	8,5-9,0	Bórax	9,0
Muy fuertemente alcalino	sobre 9,0	Amoníaco	11,1

te. Las formas químicas de muchos elementos del suelo y los procesos microbianos que allí ocurren están tan ligados al pH que no existe otra medida del suelo que integre tanta información. Algunos elementos influidos por el pH son nutrientes esenciales para las plantas, de manera que el pH afecta la nutrición vegetal. Otros son tóxicos cuando están presentes en cantidades excesivas y el pH del suelo ayuda a determinar cuándo es probable que esto ocurra.

Por qué hay suelos ácidos y alcalinos

El que un suelo sea ácido o alcalino depende de procesos naturales y de actividades humanas.

Los procesos naturales incluyen factores edáficos (del suelo), biológicos y climáticos. Por ejemplo, los suelos desarrollados a partir de materiales graníticos son más ácidos que los desarrollados de materiales parentales calcáreos. La descomposición de la materia orgánica genera ácidos orgánicos y anhídrido carbónico que acidifican el suelo. Las plantas que fijan el nitrógeno simbióticamente (porotos y alfalfa, por ejemplo) también lo acidifican. Sin embargo, la lluvia es el principal controlador natural del pH de la mayoría de los suelos agrícolas. En climas húmedos,

la lluvia penetra y baja (percola) a través del suelo, llevándose (lixiviando) los cationes básicos (principalmente calcio y magnesio), los cuales son reemplazados por los cationes ácidos hidrógeno y aluminio. Esto provoca una acidificación. En regiones áridas, la lluvia no es suficiente para lixiviar los cationes básicos y los suelos generalmente son alcalinos. Las actividades humanas que acidifican el suelo incluyen: cambio de uso del suelo, agricultura altamente extractiva sin reposición de bases, laboreo intensivo y, principalmente, el uso de fertilizantes acidificantes (fertilizantes amoniacales). Por otra parte, ciertas actividades humanas también pueden alcalinizar el suelo. Las más importantes son la adición de enmiendas alcalinizantes (encalado) y el riego con agua rica en bicarbonatos. Si además de bicarbonatos, el agua de riego contiene cantidades apreciables de sodio, el calcio y el magnesio del suelo precipitarán en forma de carbonatos insolubles y el suelo se irá gradualmente sodificando. Cuando todo el calcio y el sodio ha precipitado, se empiezan a acumular carbonatos solubles en la solución de suelo,

lo cual puede producir valores de pH tan altos como 10. En la mayoría de los casos, los cambios permanentes en el pH del suelo, ya sea debido a procesos naturales o a las actividades humanas, ocurren lentamente, porque los suelos se resisten al cambio de pH (capacidad tampón). Sin embargo, en los arenosos, los cambios pueden ocurrir rápidamente porque su capacidad tampón de pH es baja.

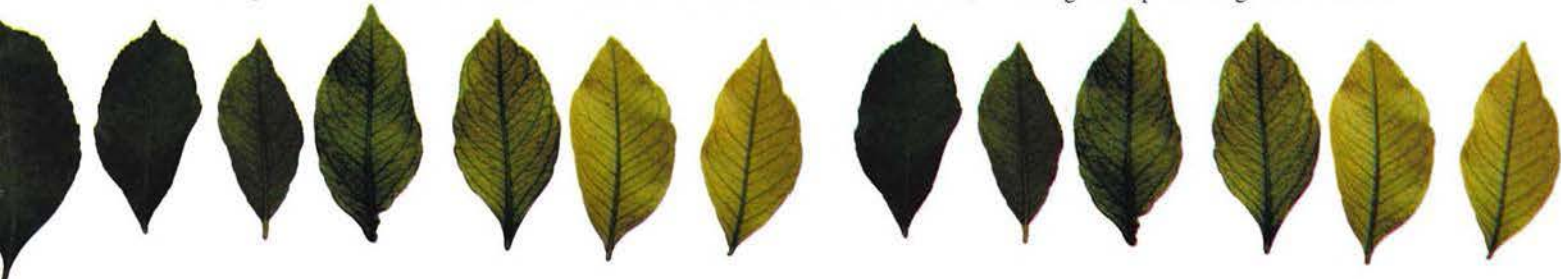
Solubilidad de los nutrientes y pH del suelo

El pH del suelo afecta directamente la solubilidad de muchos de los nutrientes. De los 17 nutrientes esenciales, 14 son obtenidos del suelo por las plantas (cuadro 2). Pero antes de que ellas puedan usarlos, deben disolverse en la solución de suelo. La mayoría de los nutrientes están más solubles o disponibles en suelos ácidos que en neutros o ligeramente alcalinos.

El fósforo en el suelo generalmente es más disponible a valores de pH cercanos a 6,5 y muestra una disminución de su disponibilidad hacia valores de pH más bajos y más altos.

Los nutrientes potasio, calcio y magnesio disponibles para las plantas se encuentran principalmente en formas intercambiables y el efecto del pH consiste en que si el suelo se acidifica se produce liberación de ellos a la solución de suelo, facilitando su pérdida por lixiviación en zonas de alta pluviosidad.

Los micronutrientes hierro, manganeso, cobre y cinc son más disponibles en suelos ácidos y si el pH baja de 5 el manganeso puede llegar a ser tóxico



Cuadro 2

Elementos esenciales requeridos por las plantas

Macronutrientes		Micronutrientes
Del agua y aire	Del suelo	Del suelo
Carbono (C)	Nitrógeno (N)	Cloro (Cl)
Hidrógeno (H)	Potasio (K)	Hierro (Fe)
Oxígeno (O)	Calcio (Ca)	Manganeso (Mn)
	Magnesio (Mg)	Boro (B)
	Fósforo (P)	Zinc (Zn)
	Azufre (S)	Cobre (Cu)
		Molibdeno (Mo)
		Níquel (Ni)

El agua de mar se clasificaría como moderadamente alcalina. Su pH va de 8,2 a 8,4.



para las plantas. Por otra parte, si el pH del suelo sube de 6,5, el manganeso puede llegar a niveles deficientes para las plantas. La disponibilidad de hierro, cobre y cinc también disminuye al aumentar el pH, siendo común la clorosis férrica (síntoma de deficiencia de hierro) en plantas cultivadas en suelos de pH alcalino.

El molibdeno es un elemento esencial para las plantas que es más disponible en suelos alcalinos (de pH alto).

Aluminio

El aluminio (Al) no es un elemento esencial para las plantas, pero puede afectar adversamente su crecimiento. Cuando la actividad del aluminio aumenta, el suelo se acidifica y el pH disminuye. En suelos de pH menor de 5,5, puede encontrarse aluminio en la solución de suelo en cantidades tóxicas para las plantas. En los derivados de cenizas volcánicas, la mejor forma de estimar la toxicidad de

aluminio es determinando el porcentaje de saturación de aluminio de la CICE (capacidad de intercambio de cationes efectiva). Estudios realizados en el INIA indican que una saturación de aluminio de cinco por ciento, o superior, puede ser perjudicial para los cultivos. Cuando un suelo tiene cantidades tóxicas de aluminio, la primera práctica de manejo que debe realizarse es inactivar el aluminio, porque su toxicidad afecta el desarrollo de las raíces de manera que la planta queda inhabilitada para absorber nutrientes.

Los suelos orgánicos (sobre un 20 por ciento de materia orgánica) normalmente tienen bajos valores de

pH. Sin embargo, la toxicidad de aluminio no es común debido a la formación del complejo aluminio-humus, que no es fitotóxico.

Bacterias fijadoras de nitrógeno

Las leguminosas tienen una útil relación con algunas bacterias específicas del suelo. Estas bacterias viven en nódulos sobre las raíces y tienen la capacidad de convertir el nitrógeno de la atmósfera en formas utilizables por las plantas. A su vez, las bacterias reciben nutrientes y carbohidratos de las plantas. Esta beneficiosa relación mutua se denomina simbiosis.

El pH del suelo afecta directamente la actividad de estos microbios. Investigaciones, conducidas en ausencia de toxicidad de aluminio, han mostrado que cuando el pH del suelo baja de 5, la habilidad de los microbios para convertir el nitrógeno se reduce fuertemente. Si el aluminio está presente, se afecta además la capacidad de nodulación; es decir, se impide la simbiosis.

Rangos óptimos

Existen numerosas tablas que listan los rangos óptimos de pH del suelo para cada especie, e incluso variedad, de planta y que son útiles en un sentido general. Sin embargo, deben usarse con precaución, porque las condiciones específicas de cada suelo pueden modifi-



De acuerdo a la terminología usada para suelos, la cerveza es muy fuertemente ácida, con un pH ubicado entre 4,5 y 5,0.



Cuadro 3

Principales efectos sobre la agricultura esperables en relación con el rango de pH del suelo

Rangos de pH en agua	Efectos esperables
Menor a 4,5	Condiciones muy desfavorables
4,5 a 5,0	Toxicidad de Al^{3+} (aluminio)
5,1 a 5,5	Exceso de Co (cobalto), Cu, Fe, Mn y Zn Deficiencia de Ca, K, N, Mg, Mo, P, S Actividad bacteriana escasa
5,6 a 6,0	Adecuado para la mayoría de los cultivos
6,1 a 6,5	Máxima disponibilidad de nutrientes
6,6 a 7,3	Mínimos efectos tóxicos Bajo pH 7 no hay carbonato de calcio ($CaCO_3$)
7,4 a 7,8	Suelos generalmente con $CaCO_3$
7,9 a 8,4	Disminuye la disponibilidad de P Deficiencia creciente de Co, Cu, Fe, Mn, Zn Clorosis férrica
8,5 a 9,0	En suelos no sódicos, puede haber carbonato de magnesio ($MgCO_3$) Mayores problemas de clorosis férrica Toxicidad de B
Sobre 9,0	Presencia de carbonato de sodio ($NaCO_3$) Suelo sódico Actividad microbiana escasa Condiciones muy desfavorables

car el pH óptimo para una especie determinada.

La mayoría de las plantas se desarrollan bien en un amplio rango de pH del suelo (5,5 a 7,5). Esto se debe a que muchas son capaces de modificar la rizósfera (capa de suelo que rodea las raíces), generando condiciones que minimizan las limitaciones nutricionales.

Existe un grupo de plantas que se denomina "hierro ineficientes", porque requieren un pH bajo (4,5 a 5,5) en el suelo para poder absorber el hierro. Sin embargo, deben tomarse las precauciones para que el aluminio soluble se mantenga bajo los niveles de toxicidad en esos rangos de pH. Entre las plantas "hierro ineficientes" están los berries.

En el cuadro 3 se indican los principales efectos esperables en relación con el rango de pH del suelo.

Modificación del pH

Como ya se mencionó, la mayoría de las plantas aceptan un amplio rango de valores de pH del suelo. Por lo tanto, la mejor práctica de manejo del pH del suelo es a menudo no hacer nada. Sin embargo, cuando el suelo tiene cantidades tóxicas de aluminio, debe solucionarse el problema agregando enmiendas encalantes en cantidades suficientes para bajar de cinco por ciento la saturación de aluminio o elevar el pH a 5,5 ó más. En algunas situaciones puede ser deseable acidificar un suelo; esto es, disminuir su pH. Si el pH alto se debe a una condición natural (presencia de carbonatos libres), es poco lo que se puede hacer para bajar permanentemente el pH. El tratamiento con azufre puede disminuirlo, pero por poco tiempo. Los fertilizantes acidificantes dismi-

nuyen el pH de los suelos ácidos, pero son inefectivos en bajar el pH de los alcalinos que contienen carbonatos libres.

Distinta es la situación en el riego por goteo, en que sí es factible disminuir el pH del suelo del bulbo húmedo bajo el gotero mediante un riguroso control de las condiciones del agua de riego.

El tratamiento del suelo con sulfato de calcio (yeso), sulfato de magnesio o sulfato de potasio no cambia el pH del suelo debido a que son sales que no generan ni contribuyen con acidez.

Para tomar nota

- Si el pH del suelo está en el rango de 5,5 a 7,5 y no hay problemas de toxicidad de aluminio, la mejor práctica en relación al pH es no hacer nada. Sin embargo, deben tomarse las precauciones para mantener el pH del suelo dentro del rango.

- Si el pH del suelo está bajo 5,5 o si la saturación de aluminio de la CICE es superior al cinco por ciento, se debe agregar una enmienda encalante. Consideraciones especiales deben tomarse con las plantas "hierro ineficientes" que requieren un suelo ácido.

- Si el suelo es alcalino (pH sobre 7,3) y posee carbonatos libres, no es recomendable tratar de cambiar el pH aplicando materiales acidificantes. En vez de ello, hay que elegir especies que puedan tolerar condiciones alcalinas. En el caso del riego por goteo, esta recomendación no es válida, porque sí es factible disminuir el pH del bulbo húmedo de suelo manejando el agua de riego. ▲