

# Producción Comercial de Cultivos Bajo Invernadero Y Viveros

## Manejo de la Alcalinidad en Sustratos Hidropónicos

*Ariana P. Torres, Roberto G. Lopez, y Michael V. Mickelbart, Departamento de Horticultura y Arquitectura de Áreas Verdes, Purdue University*

*Claudio Pasian, Horticultura y Ciencias de los Cultivos, Universidad Estatal de Ohio*



Departamento de Horticultura y  
Arquitectura de Áreas Verdes,  
Purdue University

[www.hort.purdue.edu](http://www.hort.purdue.edu)

Universidad Estatal de Ohio  
Horticultura y Ciencias de los  
Cultivos

[www.hcs.osu.edu](http://www.hcs.osu.edu)

Página Web de Floricultura,  
Purdue University

[flowers.hort.purdue.edu](http://flowers.hort.purdue.edu)



**P**roductores de invernaderos y viveros muchas veces asumen que la presencia de hojas pálidas o amarillas son signos de deficiencias nutricionales. A veces, sin embargo, el problema se debe a la ausencia de nutrientes específicos en el sustrato – en otros casos, los nutrientes tal vez se encuentren presentes en el sustrato, pero un alto pH en la solución del sustrato, los hace no disponibles a las plantas.

Comúnmente, los productores de invernadero añaden ácido sulfúrico u otros ácidos al agua de irrigación para ayudar a bajar el pH del sustrato, o aplican hierro para devolver rápidamente el color verde a las plantas antes de su distribución y venta. Desafortunadamente, los productores a menudo no tienen un entendimiento claro de las causas subyacentes al incremento del pH del sustrato – la alcalinidad del agua, en lugar del pH de la misma, es típicamente la fuente del problema.

El propósito de esta publicación es ayudar a los productores a diferenciar entre un alto pH y una alta alcalinidad y cómo manejar la alcalinidad en sustratos hidropónicos.

### ¿Qué Es pH?

La escala de pH mide la concentración de iones de hidrógeno (H+) en una solución. Ejemplos de soluciones son el agua del grifo y el agua del sustrato dentro de la maceta. La escala de pH tiene un intervalo de 0 a 14. Un valor de 7.0, o agua pura, es un valor neutral. Valores menores a 7.0 son llamados ácidos, y valores mayores a 7.0 son llamados básicos o alcalinos.

En general, el pH del agua de irrigación en invernaderos y viveros debe estar entre 5.0 y 7.0. Para mayor información acerca de pH y sus rangos, ver la publicación de Extensión de Purdue HO-240-W, *Commercial Greenhouse and Nursery Production: Soil pH*.

### ¿Qué Es la Alcalinidad del Agua?

La alcalinidad del agua mide la capacidad de una solución para neutralizar ácidos. La alcalinidad del agua es también conocida como capacidad buffer (o de amortiguamiento) del agua.

Ejemplos de bases que contribuyen a la alcalinidad en una solución son carbonatos, bicarbonatos, amonios, boratos, fosfatos, y silicatos. En la práctica, los mayores contribuidores de la alcalinidad del agua son carbonatos y bicarbonatos, los cuales son muy comunes en las aguas subterráneas en el centro de los Estados Unidos (Midwest). Irrigar sus cultivos con agua de alta alcalinidad tiene el mismo efecto que añadir cal al sustrato de las plantas.

La confusión entre un alto pH y una alta alcalinidad se debe al hecho de que el agua es llamada alcalina si su pH es mayor a 7 y se dice que tiene alta alcalinidad si tiene una alta concentración de bases.

## 2

**Tabla 1.** Varias pruebas de laboratorio reportan alcalinidad usando diferentes unidades. La dureza del agua también puede ser usada como indicador de la alcalinidad.

Medida	Unidades Típicamente Reportadas
Alcalinidad	meq/L*
Carbonatos totales (como $\text{CaCO}_3$ )	ppm = mg/L
Bicarbonatos ( $\text{HCO}_3^-$ )	ppm = mg/L
Dureza (Ca + Mg)	ppm = mg/L

\*meq/L puede ser convertido a ppm  $\text{CaCO}_3$  o mg/L  $\text{CaCO}_3$  multiplicando meq/L por 50.05.

Sin embargo, un alto pH no necesariamente corresponde a una alta alcalinidad y viceversa, aunque las dos usualmente se encuentran relacionadas en el agua de riego. La alcalinidad del agua puede tener un enorme efecto sobre el sustrato. Lo más importante es que los productores necesitan saber lo que significa alcalinidad del agua, y decidir cuando un tratamiento es necesario.

Una posible fuente de confusión para los productores son las unidades utilizadas en su cuantificación. La alcalinidad puede ser expresada en miliequivalente por litro (mEq/L) o concentración de partes por millón (ppm o mg/L) de carbonatos (Tabla 1).

Otro método para reportar la alcalinidad es el total de calcio más magnesio o *dureza del agua*. La dureza del agua puede ser reportada como el total de ppm de calcio (Ca) y magnesio (Mg). La dureza del agua y la alcalinidad no están estrechamente relacionadas, pero debido a que la alcalinidad del agua es causada típicamente por una alta presencia de carbonatos de Ca y Mg, la dureza es usualmente una buena aproximación de la alcalinidad. Esto se debe a que dichos elementos son usualmente correlacionados con altos niveles de:

- Carbonatos ( $\text{CaCO}_3$ ) –comúnmente carbonato de calcio ( $\text{CaCO}_3$ )
- Bicarbonatos ( $\text{HCO}_3^-$ ) –comúnmente bicarbonatos de calcio,  $\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$ ; bicarbonato de sodio, ( $\text{NaHCO}_3$ ); o bicarbonato de magnesio,  $\text{Mg}(\text{HCO}_3)_2$

Debido a que diferentes unidades son usadas para reportar la alcalinidad del agua, es importante para los productores saber cómo usar dichos valores y cómo calcular cuánto ácido se necesita agregar al agua de riego.

### ¿Por Qué la Alcalinidad del Agua Es Importante?

Una alta alcalinidad del agua produce un alto pH del sustrato. Cuando el pH del sustrato es alto, ciertos nutrientes no están disponibles para las plantas aunque se encuentren presentes en el sustrato.



**Figura 1.** Síntomas típicos de deficiencia de hierro en petunias.



**Figura 2.** Deficiencia severa de hierro produce clorosis en hojas nuevas (casi blanqueamiento).

## 3

**Tabla 2.** Recomendaciones de pH de sustrato para algunos cultivos comunes de invernadero.

Plantas Ineficientes en la Absorción de Hierro pH 5.4 a 6.2	Grupo General pH 5.8 a 6.4	Plantas Eficientes en la Absorción de Hierro pH 6.0 a 6.6
bacopa calibrachoa nemesia pansy petunia snapdragon scaevola	chrysanthemum geranium (ivy) impatiens poinsettia	geranium (semillas y zonal) marigold New Guinea impatiens lisianthus

**Fuente:** Capítulo 4 ("Managing pH for Container Media") de Ball Redbook Crop Production, Volumen 2, 17ma edición de Paul Fisher.



**Figura 3.** Deficiencia severa de hierro como resultado del riego con agua con alta alcalinidad.

La deficiencia más común causada por un alto pH del sustrato es la deficiencia de hierro, la que está caracterizada por una clorosis intervenal de las hojas (amarillamiento entre las venas), especialmente en las hojas nuevas (Figura 1, 2, y 3). Si esta es severa, la deficiencia de hierro puede aparecer como amarillamiento o blanqueamiento general de todas las hojas jóvenes.

En cultivos de ciclo largo (varios meses) las hojas viejas usualmente se mantienen verdes debido a que el sustrato es capaz de amortiguar la alcalinidad del agua de riego. Sin embargo, a medida que la capacidad buffer del sustrato disminuye a lo largo del tiempo, las nuevas hojas exhibirán síntomas de deficiencia (Figura 3).

Muchos micronutrientes (tales como el hierro, manganeso, y zinc) son inmóviles dentro de la

planta –esto es, que no pueden circular a lo largo de la planta una vez que han sido inicialmente absorbidos. Si se desarrollan nuevas hojas cuando la absorción de hierro es limitada por la alta alcalinidad, estas sufrirán de deficiencia de este nutriente. Las plantas no pueden mover (movilizar) hierro de las hojas viejas para alimentar las hojas jóvenes, de esta manera el nuevo crecimiento es el primero en expresar esta deficiencia.

Ciertos cultivos, como petunia y calibrachoa, tienen raíces que son ineficientes en la absorción de hierro. Para el grupo de plantas ineficientes en la absorción de hierro, se recomienda mantener el pH en el extremo inferior (pH 5.4-6.2) para evitar deficiencias de hierro y manganeso (Tabla 2).

Por otro lado, si el pH del sustrato es muy bajo, algunos cultivos (como geranios, marigolds, lisianthus, y pentas) pueden sufrir de toxicidad debido al exceso de ciertos micro-nutrientes (como hierro y manganeso) porque a pH bajos, los mismos se encuentran altamente disponibles y son absorbidos rápidamente.

Al mismo tiempo, si la alcalinidad del agua es muy baja, el pH del sustrato puede disminuir, especialmente cuando se usan fertilizantes ácidos con alto contenido de amonio. En áreas donde la alcalinidad del agua es baja, los productores deben mantener el pH del sustrato ligeramente elevado para las plantas eficientes en absorber hierro (pH 6.0 a 6.6) y así evitar toxicidad de hierro y manganeso (Tabla 2).

### La Alcalinidad del Agua Varía

Es importante recordar que la alcalinidad del agua no es un valor constante. Esta puede cambiar estacionalmente o a lo largo del tiempo. Los productores deben realizar pruebas de agua al

## 4

**Tabla 3.** Recomendaciones generales para los límites superiores e inferiores de alcalinidad.

Alcalinidad	Agua	Bicarbonato ppm
Baja	Suave	<80 ppm (mg/L)
Moderada		100–200 ppm (mg/L)
Alta	Elevado	>200 ppm (mg/L) >60 ppm (mg/L) Ca >25 ppm (mg/L) Mg

menos una vez al año para conocer el pH y la alcalinidad de la misma.

Generalmente, el agua superficial de lagos y ríos tiene niveles de alcalinidad más bajos que el agua de pozos. Si su fuente de agua es un acuífero o pozo, Usted debería verificar si la alcalinidad de su agua cambia durante épocas de sequía o durante periodos de lluvias fuertes.

### ¿Qué Es un Nivel Alto de Alcalinidad?

Es complicado determinar cuando un nivel de alcalinidad del agua es muy alto porque existen muchos factores (tipo de fertilizante, cantidad y tipo de cal añadida a la mezcla, los componentes del sustrato, y el cultivo) que afectan el pH del sustrato.

Es más probable que una alta alcalinidad del agua afecte a los cultivos que se encuentren en los viveros o invernaderos por periodos prolongados de tiempo. Esto se debe a que la capacidad de amortiguamiento inicial del sustrato se agota a lo largo del tiempo, gracias la formación de carbonatos y bicarbonatos que se forman en el sustrato.

El tamaño de la maceta también puede ser un factor. Macetas con pequeños volúmenes de sustrato tienen una menor capacidad de amortiguamiento. En contenedores pequeños, el agua de riego con alta alcalinidad puede afectar rápidamente el pH del sustrato.

Una regla general es que el agua de riego con una alcalinidad de 120 ppm (expresada como carbonato de calcio) tiende a crear problemas de alto pH en sustratos. A dichos niveles, los productores deben considerar la acidificación del agua de riego. La Tabla 3 provee recomendaciones generales para los límites superiores e inferiores de alcalinidad.

Sin embargo, se debe recordar que estos valores no son absolutos y cambian a lo largo del tiempo.

Los productores pueden disminuir la alcalinidad del agua al acidificar correctamente el agua del riego, de este modo se reduce la concentración de bicarbonatos. Con mayor precisión, al inyectar ácido en el agua de riego se neutraliza la alcalinidad y se forman dióxidos de carbono y agua.

Los ácidos que comúnmente se inyectan en el agua de riego para neutralizar la alcalinidad del agua son sulfúrico ( $H_2SO_4$ ), fosfórico ( $H_3PO_4$ ), nítrico ( $HNO_3$ ), y cítrico ( $H_3C_6H_5O_7$ ).

Cuando se selecciona un ácido, se debe considerar las siguientes características:

- Fácil de usar
- Seguro
- Costo
- Nutrientes (nitrógeno, fósforo, y azufre) que el ácido provee

El ácido sulfúrico es el más comúnmente usado por los productores porque es económico y relativamente seguro.

### Qué Tanto Ácido se Debe Aplicar?

Investigadores de la Universidad de New Hampshire, Universidad Estatal de Carolina del Norte, y Universidad Purdue desarrollaron un Calculador de Alcalinidad en línea (online en inglés): [extension.unh.edu/Agric/AGGHFL/Alkcalc.cfm](http://extension.unh.edu/Agric/AGGHFL/Alkcalc.cfm)

Los productores pueden ingresar sus valores de pH y alcalinidad del agua en el programa de Calculador de Alcalinidad, y después deben seleccionar un agente acidificante (ácido sulfúrico, fosfórico, o nítrico) para alcanzar el objetivo de pH o alcalinidad. La hoja de cálculo en la página web también calcula los nutrientes que están incluidos en el ácido, y calcula los costos de acidificación basado en el precio del ácido por galón.

**Tabla 4. Medidas correctivas para pH de sustratos.**

Para Bajar el pH	Para Subir el pH
Acidificar adecuadamente el agua	Descontinuar la acidificación del agua
Usar un fertilizante de reacción ácida (rico en nitrato de amonio o azufre)	Usar fertilizantes de reacción básica
Aplicar drench con sulfato de aluminio para reducir rápidamente el pH*	Inyectar bicarbonato de potasio*

\*Solo debe ser realizado en casos severos ya que puede ocasionar problemas de toxicidad.

## ¿Pueden los Quelatos de Hierro Reducir la Alcalinidad?

Los quelatos de hierro pueden devolver rápidamente el color verde de las hojas (lo cual es deseable para su venta y distribución). Sin embargo, la aplicación de quelatos de hierro no elimina la causa del problema: el alto pH del sustrato.

Si los productores no bajan el pH del sustrato a los niveles apropiados para el cultivo, entonces la deficiencia de hierro aparecerá nuevamente. Además, los quelatos de hierro solo proveen hierro, y no los otros micronutrientes (como manganeso, zinc o cobre) que también pueden estar no disponibles debido al pH elevado.

Los productores que deciden usar quelatos pueden aplicar el producto rociándolo foliarmente ("spray") o como un "drench" (inundación) al sustrato. Aplicaciones foliares son la única manera de devolver el color verde a las hojas viejas que han tenido una severa deficiencia de hierro. Después de una aplicación foliar de quelatos, los productores deben rociar las hojas con agua del grifo. Esto se debe debido a que un contacto prolongado con el agente del quelato puede causar fitotoxicidad, lo cual se presenta a menudo como manchas marrones en las hojas.

## ¿Cómo se Debe Manejar el pH del Sustrato?

Los productores pueden registrar y llevar tablas mensualmente del pH de sus cultivos. El registro puede incluir los límites superiores e inferiores de pH tolerados para sus cultivos. Es importante recordar

que todos los nutrientes se encuentran rápidamente disponibles cuando el pH del sustrato se encuentra entre 5.4 y 6.2, pero cada especie de plantas tiene un rango óptimo de pH. La Tabla 4 incluye las medidas para disminuir o elevar el pH del sustrato.

En resumen, cada productor debe:

- Comprender la diferencia entre pH del agua y alcalinidad del agua
- Conocer el pH y la alcalinidad de su agua de riego
- Recordar que la alcalinidad del agua tiene un mayor efecto sobre el pH del sustrato (y la nutrición de sus cultivos) que la misma acidez o pH del agua
- Usar la alcalinidad para determinar que tanto ácido se debe agregar al agua de riego y no el pH

Para ver otras publicaciones de esta serie, visite Purdue Extension Education Store, [www.the-education-store.com](http://www.the-education-store.com).

La referencia de productos en esta publicación no pretende ser una aprobación a la exclusión de otros productos que pueden ser similares. Las personas que vayan a utilizar estos productos deben asumir la responsabilidad de su uso de acuerdo a las instrucciones de utilización del fabricante.